IPC-9201A

РУКОВОДСТВО ПО ПОВЕРХНОСТНОМУ СОПРОТИВЛЕНИЮ ИЗОЛЯЦИИ

Разработано рабочей группой (5-32b) по изучению поверхностного сопротивления изоляции Комитета по очистке и покрытиям (5-30) Ассоциации IPC.

Примечание: Русский перевод стандарта запускается в производство только совместно с официальной версией на английском языке. Регулирущей версией является версия на английском языке. В случае разночтений необходимо руководствоваться версией на английском языке.

Отсутствующие по тексту русского перевода таблицы и рисунки представлены в версии стандарта на английском языке.

Отд.2850	*Исполнитель*	*Проверил*	*Нач.отд.*	*Гл.инженер*
302.15-2009	*Романова*	*Степанова*	*Исупов*	*Тюревин*
от 15.01.2009				

Основание: служебная записка отдела 2614

Разослать: 2614

Действует с приложением IPC-9201A на англ. яз (на 86 листах)

РУКОВОДСТВО ПО ПОВЕРХНОСТНОМУ СОПРОТИВЛЕНИЮ ИЗОЛЯЦИИ

1. ОПИСАНИЕ И НАЗНАЧЕНИЕ

В электронной промышленности проверка поверхностного сопротивления изоляции (SIR) стала проводиться с момента появления транзистора и печатной платы. Процедура применяется при проведении входного контроля, инспекции и квалификации материалов, проверки соответствия качества, прогнозировании механизмов повреждения, а также как средство определения расчетного срока службы.

Процедура измерения SIR – это количественный, а не качественный способ проверки, который следует рассматривать как необходимую процедуру, требующую осмысления для правильного использования.

Электрохимические реакции, происходящие на или под поверхностью электронных схем, влияют на их поверхностное сопротивление изоляции. Данные реакции происходят при наличии влажности, электрического смещения и ионных примесей. На диаграмме Венна на Рис. 1-1 показано влияние данных реакций.

(см. в оригинале).

Рисунок 1-1 Диаграмма Венна, иллюстрирующая переменные, влияющие на электрохимическое повреждение

Исторически проверка SIR была предметом долгих споров в технических кругах; однако, в недавних научных исследованиях были освещены некоторые важнейшие вопросы, и теперь документация и предыдущие спецификации требуют модификации. В частности, изменения следующих аспектов:

- условий проведения испытания: 40°C и 93% относительной влажности (RH) при низком содержании примесей; 85°C и 85 % RH при прочих режимах.
- измерения SIR должны проводиться с интервалом в 20 минут.
- Напряжения: 5В.
- Градиента напряжения: 25В/мм.
- Размер образца для испытания должен составлять 200 µм [0.0079 дюймов] в промежутке и 400 µм [0.016 дюймов] в ширину.
- Новый образец должен использоваться для: Испытания по определению характеристик материала.
- Проверка характеристик процесса.
- Токоограничивающие резисторы должны быть использованы при измерениях для предотвращения протекания электрохимических реакций (образование дендритов), что поможет при дальнейшем проведении анализа.

Кроме того, результатом все той же исследовательской программы стало то, что проверка SIR теперь может использоваться при проведении проверки характеристик процесса, а также при испытаниях по определению характеристик материала.

Рабочая группа IPC 5-32b SIR была сформирована с целью обучения специалистов, а также доведения процедуры данной проверки до более точного средства, используемого в прогнозировании.

1.1 Описание Данный документ включает широкий спектр проверок на температуру \ влажность (TH), соответствующую терминологию и предлагаемые техники правильного проведения испытаний. Данное издание стандарта IPC-9201 было пересмотрено с целью отражения в нем всех международных спецификаций испытаний, таких как IEC и ISO.

1.2 Назначение Данный документ предназначен для обучения лиц, имеющих дело с проверками температуры \ влажности (TH) и температуры \ влажности \ смещения (THB). Целевая аудитория данной работы включает специалистов, проводящих испытание, инженеров, обрабатывающих полученные данные и тех лиц, которые отвечают за связанные с выполнением данных испытаний спецификации и стандарты.

В представленном ниже руководстве собран опыт и техническая информация, полученная опытными испытателями ассоциации IPC, оно также включает результаты научных исследований, проведенных с момента первого выпуска данного документа. Хотя сведения данного справочника не уходят в глубь основополагающей физики большинства механизмов, происходящих при измерении поверхностного сопротивления изоляции, в конце документа содержаться полезные ссылки для тех, кому необходимо подтверждение правильности принципов рассматриваемых вопросов.

Проверки TH и THB также могут затрагивать другие виды испытаний, такие как испытание на шум-фактор, на коррозию, определение широты полосы пропускания, характеристического сопротивления и т.д.

1.3 Как проводится проверка SIR? Данный протокол может быть использован в двух вариантах. Традиционный вариант использования - это определение характеристик некоторых химических составов, используемых при производстве изделий электроники, таких как трафаретов для нанесения припоя, флюсов для пайки, пасты и проводов, а также конформных покрытий. За последнее время данный вариант использования был расширен до проверки характеристик процесса, посредством чего стало возможным исследование синергетического воздействия в форме электрохимических реакций на каждом этапе производственного процесса сборки электроники.

В основном, проверки TH и THB выполняются для подтверждения нарушения целостности или ухудшения надежности материалов. К нарушению целостности относятся нарушение прочности связи конформного покрытия или трафарета для нанесения припоя (низкая защита от окружающей среды), снижение диэлектрической прочности, электролитическая коррозия или электрохимическое смещение. Результатом данных нарушений может стать нехватка материалов, недостаточность методов обработки или чувствительность к некоторым механизмам разрушений, появление которых в конечном продукте не желательно.

Для исследования особых механизмов разрушений используются различные параметры.
Выбор цикличных или статических условий, условий с высокой температурой \ влажностью зависит от исследуемых режимов разрушения. При цикличных и TH проверках изучаются свойства материалов, данные испытания часто используются в качестве имитации условий хранения готового изделия. Проверки на высокую температуру \ влажность более часто используются для выявления электрохимического смещения или электрохимической коррозии. Испытания на высокую температуру \ влажность также проводятся при искусственном старении материалов путем имитации лет службы днями проводимого испытания, для получения приблизительного срока службы изделия.

2. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

2.1 IPC[1]

IPC-A-24-G-KIT Поверхностное сопротивление изоляции – Гербер - KIT[2]

IPC-A-36-G Варианты очистки[3]

IPC-A-52-G Тестовая плата для оценки чистоты и примесей[4]

IPC-TR-476A Электрохимическое смещение: повреждение печатного монтажа вызванное током

IPC-TR-580 Программа испытаний по очистке, Этап I, Результаты испытания

IPC-2221 Групповой стандарт печатного узла

IPC-6012 Квалификация и спецификация технических характеристик твердых печатных плат

IPC-TM-650 Инструкция по испытаниям[5]

2.6.3.1 Влагостойкость и сопротивление изоляции, полимерные трафареты для нанесения припоя и конформные покрытия
2.6.3.2 Влагостойкость и сопротивление изоляции, гибкий основной изоляционный материал
2.6.3.3 Поверхностное сопротивление изоляции, флюсы
2.6.3.7 Поверхностное сопротивление изоляции

2.2 Объединенный промышленный стандарт[6]

J-STD-001 Требования к паянным электрическим и электронным изделиям.

2.3 Международная электротехническая комиссия (IEC)[7]

IEC-61189-5 Метод 5E02 Поверхност ное сопротивление изоляции изделия

2.4 Американское общество испытаний и материалов (ASTM)[8]

ASTM-D-263 Технические нормативы требований по зеленому пигменту оксид хрома

3 ПОВЕРХНОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ

3.1 Термины и определения Самым большим источником сомнений и недопонимания в отношении TH и THB проверок является терминология. Для раскрытия целей данного документа следующим терминам даны определения.

Поверхностное сопротивление изоляции (SIR) – свойство материала и электродной системы. Представляет собой электрическое сопротивление двух электрических проводников, разделенных каким-либо диэлектрическим материалом. Данное свойство основывается на концепции поверхностного сопротивления слоя (см. ASTM-D-263), но также включает элементы объемной проводимости, протечки сквозь электролитические примеси, многочисленные диэлектрические и металлизирующие вещества и воздух.
Примечание: Исторически SIR считался свойством материалом, замеряемым на материале основания, при чем условия, в которых образец подвергался испытанию, не учитывались. Со временем термин "проверка SIR" стал включать все формы TH испытаний. В настоящее время использование термина "проверка SIR" подразумевает под собой большинство TH испытаний или испытания на ускоренное старение материала. Такие термины как "SIR" и "TH" или "THB" часто используются как синонимы, хотя последний считается более широким понятием и включает в себя больше проверяемых отраслей знаний, чем просто SIR.
Влагоустойчивость изоляции (MIR) – это другой термин, в большинстве случаев описывающий THB проверку. В

[1] www ipc org
[2] Электронный программный пакет для тестовой платы доступен на www ipc org/onlinestore по ссылке Artwork/Test Vehicle
[3] см. 2
[4] см. 2

[5] Настоящие и обновленные методы проведения испытания ассоциации IPC доступны на сайте ассоциации (www ipc org/html/testmethods.htm)
[6] www ipc org
[7] www iec.ch
[8] www.astm org

соответствии с задачами данного руководства, проверка MIR – необходимое испытание материала в среде с вероятностью появления конденсата (цикличное).

Дендриты – интерметаллические новообразования, появляющиеся в результате электрохимических реакций. Дендриты оказывают меньшее сопротивление электрическому току, который вследствие чего может нежелательно смещаться между соответствующими проводниками. Для получения более полной информации и важных предупреждений смотрите 3.1.1. На рисунке 3-1 представлен наглядный пример дендрита.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-1 Новообразования дендритов между смещенными в разные стороны проводящими дорожками.

Система материалов – данное определение относится ко всему проверочному образцу, состоящему из двух или более электродов с различной структурой металлизации (медь или олово-свинец), приклеенных к диэлектрической поверхности. Металл \ диэлектрик может быть покрыт сверху еще одним слоем полимерного диэлектрического материала, например трафаретом для нанесения припоя или конформным покрытием.

Примечание: Огромное число различных процессов производства влияет на свойства системы материалов.

Относительная влажность (RH) – относится к количеству водяного пара, содержащегося в воздухе при любой температуре, соответствует общему количеству воды, содержащемуся в воздухе при данной температуре.

Примечание: 100% RH обозначает, что воздух насыщен водяным паром. С повышением температуры количество водяного пара, который может содержаться в воздухе, возрастает. Отметка 50% RH при температуре 85°C означает намного большее содержание водяного пара чем при 50% RH с температурой 25°C.

RH в проверках SIR определяет толщину поверхностной пленки, абсорбирующей воду, а также, так как органические материалы проницаемы для молекул воды, наличие влажности на внутренних стыках. Ниже критической отметки RH, характерной для определенной системы материалов, электрохимического смещения не происходит. Выше данного критического значения темп роста увеличивается на 10х с каждым повышением влажности на 10%. Результаты экспериментов подтверждают наличие пороговой величины RH для роста CAF, ниже которой значительный прирост нитей не наблюдался (см. ссылку 12 в пункте 10.1).

Токопроводящее анодное образование нитей или катодно-анодное образование нитей (CAF) – рост дендритов внутри многослойного материала изготовления печатной платы. Более подробную информацию и объяснение смотри в пункте 3.1.1.

Проверка температура \ влажность (TH) – При данном режиме проверки материал или система материалов подвергаются продолжительным воздействиям температуры и влажности в значениях превышающих условия окружающей среды, но без применения электрической энергии (напряжения), за исключением моментов снятия измерений. Параметры материалов (такие как SIR) замеряются перед, вовремя и после проведения испытания.

Примечание: Длительность данных испытаний составляет где-то примерно от 4 дней при 35°C, 90% RH до 56 дней при 85°C, 85%, в зависимости от цели проверки или спецификации, требующей проведения данного испытания. Целью данной проверки является климатическое воздействие на материал и проверка старения материалов.

По новым спецификациям требуется выполнение проверки при двух различным условиях в зависимости от процесса производства, выбранного конечным пользователем:

> 40°C, 93% RH – необходимые условия при оценке материалов, используемых в производстве, с малым содержанием примесей, в особенности флюса для пайки
>
> 85°C, 85% RH – прочие условия обработки материалов, при которой может быть задействована очистка.

Причина использования метода с условиями 40°C, 93% RH заключается в том, что большинство остатков флюса с малым содержанием примесей начинают испаряться при температурах выше 40°C (см. Рисунок 3-12). Если они остаются на поверхности, особенно, если используется конформное покрытие, то они могут значительно повредить изделие, что и приводит к необходимости проведения испытания при наихудших условиях. Также, не нем основываются многие международные стандарты, в которых содержатся полезные результаты исследований.

Проверка температура \ влажность \ смещение (THB) – При данном режиме проверки материал или система материалов подвергаются продолжительным воздействиям температуры и влажности в значениях превышающих условия окружающей среды. Дополнительно, применяется электрический потенциал между соседними электродами проверочного образца. Уровень применяемого потенциала может быть различным, также как его продолжительность и точка применения.

Примечание: В современной практике термин "электрическое смещение" может относиться к двум различным электрическим потенциалам: напряжению электризации \ измерения, при котором применяется градиент потенциала и замеряются полученные в результате токи, и неизмеряемому потенциалу (напряжению смещения), применяемому ко всем тестируемым образцам, даже если показания не снимаются. Определения этих двух терминов будут даны ниже.

Градиент напряжения (VG) – соотношение применяемого напряжения (выраженного в вольтах) к разделению электродов (выраженному в мм). Например, 25 В/мм.

Значение VG должно совпадать со значением VG законченного печатного узла. Вопреки ожиданиям (согласно закону Ома), чем ниже напряжение, тем выше предрасположенность к образованию. См. Раздел 4 и вспомогательные рисунки.

Напряжение электризации (EV) \ измерения (MV) \ испытательное напряжение (TV) – это электрический потенциал, применяемый между соседними разъемами проверочного образца при измерениях сопротивления. По всеобщей договоренности данное напряжение всегда должно быть отрицательным.

Примечание: Напряжения электризации (измерения) сильно варьируются с развитием современной технологии изготовления печатных плат. Ранее испытания проводились при EV в 500-1000 вольт постоянного тока. С повышением плотности монтажа схемы, данные показатели превышают диэлектрическую прочность материалов, чем вызывают катастрофическое разрушение диэлектриков. Нормы стандарта IPC-2221 ограничивают применяемый между двумя соседними проводниками потенциал, основываясь на диэлектрической прочности материала. К всеобщему удивлению, новое исследование показало, что чем ниже напряжение, тем выше предрасположенность к дендритам. См. Рисунок 3-2 (материал любезно предоставлен Национальной Физической Лабораторией (Великобритания)):

(см. в оригинале)

Рисунок 3-2 Предрасположенность к образованию дендритов в зависимости от времени

Время электризации (ET) – это период применения напряжения до момента снятия показаний сопротивления.

Примечание: Время электризации может быть любым, но исторически сложилось, что данный период составляет 60 секунд, благодаря условиям широко распространенных военных спецификаций. Обычно, 60 секунд – достаточное время для достижения системой равновесия, необходимого для увеличения стабильности снятия показаний. На стабильность снятия показаний могут также воздействовать электромагнитные помехи (EMI) и трибоэлектрические заряды, вызываемые незначительными перемещениями изолированных проводов. Доступное современное измерительное оборудование способно достичь равновесия менее чем за одну секунду.

Также обратите внимание, что важно избегать электрических помех и минимизировать трибоэлектрические эффекты.

Точность измерения (MA) – Современные автоматические измерительные системы способны снимать показания при << 10^{14} Ω. Однако, поверка систем измерений ограничивается точностью резисторов с “известным значением”, и, следовательно, в настоящее время погрешность сводится к данному значению.

Измерения уровня пикоампер предрасполагают всю систему измерений целиком к получению ошибочных показаний, в особенности, что касается трибоэлектрических помех. Вследствие этого критичным является размещение проводов между тестовым образцом и измерительным устройством.

В настоящее время для получения измерений и упорядочения собранных показаний в графические формы представления данных SPC могут быть использованы современные автоматические системы.

Напряжение смещения (BV) – электрический потенциал, применяемый между соседними разъемами тестового образца каждый раз, когда показания сопротивления не снимаются. Если напряжение смещения противоположно по полярности напряжению измерения, то оно обычно называется “обратным смещением”. Напряжение смещения должно быть положительным. Логическое объяснение в том, что данное напряжение применяется дольше чем напряжение измерения, и, следовательно, BV будет положительным, а MV – отрицательным. Что еще больше усложняет дело, если полярность напряжения смещения и напряжения, необходимого для проведения испытания, одна и та же, тогда оба будут выражаться положительными значениями.

Уровень применяемого напряжения смещения различен. Исходные уровни и в военных и в коммерческих испытательных методах варьируются от 10 до 100 вольт постоянного тока. Напряжение смещения и напряжения измерения могут быть определены либо путем проведения испытания, либо при помощи стандарта, требующего выполнения проверки SIR. При выполнении проверки SIR в качестве части инженерной оценки, напряжение смещения может быть выбрано как вариант напряжения, используемого при финальной сборке печатной платы. При данном выборе также должен учитываться градиент напряжения.

Исследователи \ авторы берут неизмеряемый электрический потенциал как некое положительное или отрицательное число, в зависимости от выбранных ими условий, а испытательное или измерительное напряжение как отрицательное или положительное значение, соответственно. В любом исследовании, связанном с определением SIR, человек, проводящий эксперимент должен определить условия проведения данного эксперимента. Ни одни условия не считаются лучше, чем другие. Единственным важным различием является, чем будет контрольная точка: катодом или анодом.

Обратите внимание, что обратное смещение не отражает истинных условий эксплуатации цепи, а также на то, что данные тестовые условия были исключены из современных стандартов по поверхностному сопротивлению изоляции.

Полярность смещения (BP) – данный термин имеет отношение к полярности напряжения смещения по отношению к напряжению электризации. По условию, если полярность напряжения смещения совпадает с напряжением электризации, тогда BP будет

положительная, в противном случае BP – отрицательная (или обратная).

Длительность испытаний (TD) – период времени, в течение которого система материалов подвергается воздействию условий, отличающихся от условий окружающей среды или регулируемых условий (на момент начала испытания).

Исследования показали, что дендриты вероятнее всего образуются в течение первых 72 часов испытания, и не было обнаружено признаков появления дендритов, начиная с этого времени. Поэтому, в таких спецификациях как IEC 61189-5, говориться о том, испытания должны проводиться в течение минимум 72 часов.

Пример №1: IEC-61189-5, метод проверки 5E02. В данном испытании используется тестовый образец, включающий многие типовые компоненты, с ним проводятся все запланированные производственные процессы. Градиент напряжение в 25В/мм применяется на участках в 400µм [0.016 дюймов] шириной и 200 µм [0.0079 дюймов] длиной. Результаты были получены при применении испытательного напряжения в 5В, показания снимались с 20 минутным интервалом. Для проведения данного испытания используется автоматическое оборудование, и время электризации определяется в автоматическом режиме аппаратурой. Продолжительность испытания составляет не менее 72 часов.

Пример №2: IPC-TM-650, метод 2.6.3.1. Это проверка THB, при которой SIR измеряется несколько раз. Тестовым образцом может быть эпоксидное многослойное стекло, тестовые участки должны быть с оловянно-свинцовым покрытием и трафаретом для припоя. Данная циклическая проверка THB проводится при постоянной высокой относительной влажности. Для измерения используется напряжение электризации (EV) в +500 В постоянного тока. ET составляет 60 секунд. BV составляет +100В постоянного тока. Полярность смещения – положительная, так как напряжение смещения применяется в том же направлении, что и напряжение электризации. Продолжительность испытания составляет 168 часов или семь дней.

3.1.1 Перемещение металла \ образование нитей. Более подробное, всестороннее рассмотрение вопросов перемещения металла, роста дендритов, образования токопроводящих анодных нитей, электромиграции и электрохимического смещения можно найти в документе IPC-TR-476A.

Терминология, освещающая переход металла между катодом и анодом при разнообразных испытательных условиях, противоречивая тема, вызывавшая в прошлом споры в подкомитетах ассоциации IPC. Главным вопросом было дать определение данным тестам, в зависимости от наличия \ отсутствия воды, и формы этой воды, при проведении испытания.

Электромиграция твердых тел (Emg) – (см. ссылку 14 в пункте 10.1) Электромиграция твердых металлов противопоставляется электрохимическому смещению (см. ниже). Электромиграция – это вызываемое током перемещение ионов металла в проводнике. Были обнаружены повреждения и старение материалов электронных устройств, если тонкий слой проводника из металла (например: алюминий, золото, медь) подвергались воздействию электрического тока плотностью, превышающей 10 Ам/см^2, обычно при повышенной температуре. При электромиграции, электроны, проводящие электрический ток, выбрасывают самодиффузионные ионы металла и сообщают ионному потоку движение по направлению к положительному полюсу проводника. Повреждение может стать результатом расхождения ионного потока. Место повреждения определяется в зависимости от того, где произошло максимальное расхождение.

В Руководстве по электронным материалам ASM (Том 1) электромиграция определяется как механизм переноса материала под воздействием примененного смещения путем использования постоянного тока, что может вызвать образование пустот на некоторых областях с металлизацией и выступающих частях или “бугорках”. Электромиграция возникает при подведении тока высокой плотности. Данный механизм отличается от твердотельной электромиграции, описанной выше.

Примечание: Электромиграция отличается от электрохимического смещения (см. ниже) тем, что EMg в основном возникает в интегральных схемах при условиях отсутствия влажности, тогда как EcMg возникает в печатных узлах при условиях наличия влажности \ электролита. Повреждения возникают в случае прорастания нитей металла сквозь диэлектрический материал к противоположному электроду.

Электрохимическое смещение (EcMg) – (см. ссылку 14 пункта 10.1) Электрохимическое смещение определено как рост токопроводящих металлических нитей на печатной плате под воздействием напряжения смещения постоянного тока. Рост может возникать на внешней поверхности, внутренних материалах или сквозь основной материал композита (например, многослойной бумаги \ гетинакса). Рост нитей металла возникает при электроосаждении раствора, содержащего ионы металла, отделенные от анода, перемещенные с помощью электрического поля и заново размещенные на катоде. Данное определение исключает наличие таких феноменов как перенос металла в полупроводниках, индуцированный полем и диффузия продуктов коррозии металла.

Существует два особых электрохимических феномена. В первом случае известно, что дендриты на поверхности образуются при перемещении от катода к аноду при применяемом напряжении и наличии примесей. Если в качестве проводника используется оловянно-свинцовый припой, то свинцовые игольчатые кристаллы образуют “древовидные” дендриты, а свинцовые игольчатые кристаллы с оловянным покрытием образуют “кружевные” дендриты. Если напряжение смещения достаточно высокое, и дендрит прорастает между катодом и анодом, создается электрическое замыкание, часто с кратковременными сильными скачками электрического тока. Данный электрический ток может вызвать частичное испарение хрупких дендритов, оставляя визуальное строение. Следующий электрохимический феномен, называемый токопроводящие анодное образование нитей (CAF), возникает при достаточно высоком напряжении смещения. Рост дендритов – эффект, возникающий на поверхности, когда CAF, в основном, появляется в материале многослойного стекла.

Если материал или система материалов тестируются во влажной среде, то водяной пар может объединяться с ионными или неорганическими примесями, образуя раствор электролита. Затем металлы перемещаются от

анода к катоду по поверхности материала, используя раствор электролита в качестве переносчика подвижных ионов. Главным образом, это металлизация, не видимая без помощи микроскопа. Интенсивность прохождения EcMg зависит от pH показателя электролита, подвижности ионов, интервала между анодом и катодом, участвующих металлов и величины электрического потенциала. Обычно испытания на EcMg проводятся при напряжении диапазона 10-100В постоянного тока.

Подразумевается, что феномен EcMg в особенности связан с движением металлических ионов, образующих нити. При наличии раствора электролита ионы (например, хлорида) могут перемещаться от катода к аноду, создавая утечку тока, и необязательно перемещение металлов. При проверке SIR обычно невозможно отделить ток утечки, вызванной движением ионов металла от утечки, вызванной движением неметаллов.

CAF отличается от поверхностного роста дендритов, описанного выше, по трем пунктам:

(1) Перемещаемый металл – медь, не олово или свинец.
(2) Рост нитей происходит от анода к катоду.
(3) Нить состоит из металлической соли, а не нейтральных атомов металлов.

При росте CAF основной медный материал под олово - свинцовым припоем является источником ионов металлов, электрохимически образуемых на аноде и перемещаемых по стыку стекловолокна и эпоксидной смолы. Наиболее распространенный анион, обнаруженный при росте CAF – это хлорид (согласно определению SEM/EDX), однако, также был обнаружен бромид. Модель была разработана с учетом повреждений, при оценивании с точки зрения температуры, относительной влажности и напряжения (см. ссылку 11 пункта 10.1). Образование CAF наблюдалось при низком напряжении в 50В постоянного тока.

Испытание на электромиграцию (EMg) – это проверка материала или системы материалов с применением электрического потенциала, температуры окружающей среды или повышенной температуры в условиях отсутствия влажности (RH<<10%).

Испытание на электрохимическое смещение – это проверка материала или системы материалов с применением повышенных температур, электрического потенциала и водяного пара. Данный вид проверки, в основном, применим к твердотельным устройствам, иногда в бескорпусном исполнении, а иногда в герметизированном виде.

Примечание: Общепризнанным является тот факт, что покрытие жидкостью (не водяным паром) методом конденсации на тестовом образце или методом переносимых по воздуху капель воды сведет на нет данную проверку, если тестовые образцы не защищены полимерным покрытием, таким как трафарет для нанесения припоя или конформным покрытием.

Испытание на влагопроницаемость – данная проверка была разработана доктором Джеком Броусом, Альфа Металс, и является одной из форм испытаний на EcMg. Камера с находящимся внутри образцом подвергается воздействию высоких температур и влажности (водонасыщенность), затем следует отключение системы. Так как система герметична, с охлаждением воздуха, и понижением температуры ниже точки конденсации, вода в жидком состоянии конденсируется на всех поверхностях в камере, включая тестовые образцы. А так как все образцы находятся под воздействием электрического тока, то обычно можно наблюдать рост дендритов.

Дендриты – данный термин, определенный в пункте 3.1, относится к проверке на EcMg. Следы углерода, часто появляющиеся, когда нити металлов проводят слишком много электричества и карбонизируют поверхность платы, иногда ошибочно относят к дендритам. Следует иметь ввиду, что термин "дендрит" в металлургии имеет другое значение: Дендритом в металлургии называют характерную древовидную структуру растущих кристаллов при застывании расплавленного металла, форма определена более быстрым ростом в наиболее энергетически насыщенных кристаллографических направлениях. Этот рост дендритов имеет большую важность с точки зрения свойств материалов.

Капельная проба – это испытание, при котором электрический потенциал помещается между двумя соседними незащищенными участками в условиях окружающей среды. Затем капля деионизированной воды помещается на образец, связывая собой два проводника. Наблюдается утечка тока, при этом испытание продолжается вплоть до повреждения.

Примечание: Чистая деионизированная вода – слабый проводник тока, так как она несет в себе только мало заряженных ионов. Если в тестовом образце находятся материалы с примесями, то деионизированная вода будет стремиться растворить примесь, образуя раствор электролита. Затем раствор электролита будет способствовать появлению тока утечки и начнется электрохимическое смещение. Кроме того, Углекислый газ (CO_2), содержащийся в воздухе, может расщепить деионизированную воду, образуя ионы, усиливающие ток утечки.

3.1.2 Электрохимическая коррозия Большинство людей знакомо с понятиями коррозия и окисление, в особенности в так называемом "снежном поясе" Соединенных Штатов Америки, где соль на дорогах разъедает сталь машин. В этом случае, образуется кислотный раствор, который разрушает металл в определенных местах, соединяет металл с кислородом, образуя окись или соединение происходит с примесями, находящимися на поверхности, что приводит к образованию химической соли. Процесс происходит без участия электрического тока. То же самое, только на микроскопическом уровне, может произойти и на печатной плате. В этом случае, наличие электрического тока может ускорить механизм разъедания. На Рисунке 3-3 приведен пример электрохимической коррозии на печатной плате.

Флюсы могут содержать вредные вещества, такие как соль галоидоводородной кислоты или органические кислоты. Примеси, содержащиеся во флюсах, могут растворяться в воде, образуя слабый раствор электролита. Часто такие растворы по своей природе являются кислотными. Чем выше содержание вредной примеси, тем выше интенсивность воздействия на металл в цепи.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-3 Пример электрохимической коррозии

По аналогии, чем меньше интенсивность коррозии, тем меньше содержание вредной примеси, чем выше интенсивность – тем выше количество вредных примесей.

В общем, растворы электролита – слабо ионы \ кислотны, таким образом, если оставить только один раствор, ему потребуется много времени, чтобы серьезно повредить металл. Применение электрического потенциала может сильно ускорить процесс. Кроме того, применяется стандартный процесс нанесения металла на основание под воздействием электрического тока, а использование электрического потенциала может вызвать процесс, обратный нанесению покрытия (электрополирование). Медь или олово-свинец могут стать ионами в растворе, что приведет к росту нитей или металлы объединятся с поверхностными примесями и образуют соли, например, хлорид или сульфат меди.

Если раствор находится в контакте с разнородными металлами, которые электрически соединены между собой (например, граница между соединителем с золотым покрытием и медью или припоем), то образуется химический источник тока. Получившийся в результате ток может вызвать самопроизвольную коррозию.

3.2 Общие понятия

3.2.1 Поверхностное сопротивление Это сопротивление, оказываемое электрическому току однородным поверхностным слоем материала (очень тонким слоем). Номинальная величина сопротивления равна удельное сопротивление материала, умноженное на длину или разделение, деленное на площадь поперечного сечения:

$$R = \rho \times L - A$$

Где ρ = удельное сопротивление,
A = площадь поперечного сечения, и L = длина.

На Рисунке 3-4 показано применение этой формулы для расчета поверхностного сопротивления тонкого слоя изолирующего материала. В этом случае площадь поперечного сечения будет представлена как W*t. Формула будет иметь следующий вид:

$$R_{поверх} = \frac{\rho_{изолятор} \times L}{(W \times t)}$$

На Рисунке 3-5 показано применение данной формулы для расчета сопротивления проводника – металла. В этом случае площадь поперечного сечения снова будет представлена как W * t, и формула будет иметь следующий вид:

$$R_{проводник} = \frac{\rho_{проводник} \times L}{(W \times t)}$$

Пример: Два проводника, 100 мм в длину (L) каждый, равноудалены друг от друга на 10 мм (W) и разделены диэлектрическим материалом, толщиной 1 мм (t).
A = 100 мм x 1 мм = 100 мм^2. Длина = 10 мм. Если удельное сопротивление диэлектрического материала составляет 1000 Ω/мм, то сопротивление между двумя электродами составит 100Ω.

Примечание: Понятие поверхностного сопротивления применимо только к проводимости электронов. Проводимость ионов не обязательно линейна, и поэтому, в этом случае, нельзя применять закон Ома.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-4 Поверхностное сопротивление тонкого слоя (серым цветом показан изоляционный материал)

(см. в оригинале)

Рисунок 3-5 Сопротивление проводника – металла.

3.2.2 "Квадрат" Понятие "квадрата" или нормализация, основанная на числе "квадратов", пожалуй, один из наиболее сбивающих с толку аспектов проверки SIR. Это понятие связано с геометрией электродов, разделением электродов и материалом основания. Для лучшего освоения данной темы читатель может обратиться к стандарту IPC-TP-831 (см. ссылку 1 пункта 10.1)

Под "квадратом" не подразумевается площадь поперечного сечения, например, дюйм^2 или см^2. Два электрода, каждый из которых длиной в один дюйм, равноудаленные друг от друга также на один дюйм, образуют один квадрат. Два электрода, каждый из которых длиной в один фут, равноудаленные друг от друга также на один фут, образуют один квадрат, и т.д., как показано

на Рисунке 3-6. Понятие квадрата используется для определения одного общего резистивного элемента поверхностного электрического участка. Данная концепция основывается на поверхностном сопротивлении. В ссылке 1 пункта 10.1 данный феномен объяснен более подробно.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-6 Понятие квадрата.

Как отмечено в пункте 3.2.1 нормализация не может считаться точной интерпретацией феномена ионной проводимости.

3.2.3 Последовательное \ параллельное сопротивление. Последовательное сопротивление относится к прохождению электрического тока через последовательность сопротивлений. Общее оказываемое сопротивление равно сумме отдельных сопротивлений, возникающих между высоким и низким электрическим потенциалом, как показано на Рисунке 3-7. Параллельное сопротивление отнбосится к электрическому току, проходящему между высоким и низким электрическим потенциалом при одновременном прохождении через резистивные элементы, присоединенные друг к другу непоследовательно, что показано на Рисунке 3-8. Общее сопротивление – обратная пропорциональность суммы соответственных сопротивлений.

$$R_{послед} = R_1 + R_2 + R_3$$

(см. в оригинале)

Рисунок 3-7 Общее сопротивление

$$1 \frac{\square}{} R_{парал} = \left(\frac{1}{R_1}\right) + \left(\frac{1}{R_2}\right) - \left(\frac{1}{R_3}\right)$$

Если предположить, что R1 = R2 = R3, и т.д., тогда R отдельного элемента = (n) * R измеренное, где n = число квадратов

$$R_{парал.} = \frac{1}{сумма} обратных\ сопротивлений$$

3.2.4 Ом на квадрат Разделительные пространства в тестовом образце SIR принимаются за "блоки" с неизвестным сопротивлением, как показано на Рисунке 3-9, содержащем Y-образный тестовый образец. Левая часть образца, там где разделение превышает 0,635 мм [0,025 дюйма], как правило, не включена в расчет числа

(см. в оригинале)

Рисунок 3-8 Параллельное сопротивление

квадратов. В данном образце 120 квадратов (см. 3.2.4.1) или 120 блоков с неизвестным сопротивлением, предположительно, все с равным значением.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-9 Y- образный тестовый образец для проведения проверки SIR

Если измеренное сопротивление составляет 100 мегаом, тогда отдельные неизвестные сопротивления составят 12,000 мегаом (по формуле суммы параллельных резисторов и уравнению для R_x).

Ом на квадрат – выражение нормализованного сопротивления. Так как каждый "квадрат" – элемент, не имеющий размеров, то приведение величины сопротивления к значению ом на квадрат, теоретически, сделает данную величину независимой от конфигурации / геометрии электродов и их проводимости.

Преобразование показаний в ом на квадрат основывается на предположении, что загрязнение единообразно для всего тестового образца, и что тестовый образец представляет собой однородный материал. Такое предположение может быть использовано при изучении слоев изоляционного или однородного материала, но эта теория не срабатывает, если загрязнение неоднородно. Примером может служить небольшое количество флюса с примесями на тестовом образце с 3000 квадратов. Если электрический ток проходит по пути наименьшего сопротивления, ток утечки будет протекать через несколько квадратов, в которых находится флюс с примесями, "игнорируя" прочие квадраты. Такое протекание событий разрушает предположение об однородности.

Вот почему практика приведения величины сопротивления к значению ом на квадрат вызывает много вопросов. Главный вопрос заключается в том, единообразно или однородно ли загрязнение в анализируемом тестовом образце. Программы испытаний, проведенных ассоциацией IPC, показали, что процесс нормализации часто успешен только в 50% случаев.

Пример 1: На Рисунке 3-10 содержится наглядное представление влияния флюсов с различным содержанием примесей на микросхему.

На графике отражено влияние флюсов различного уровня на поверхностное сопротивление изоляции тестового образца при повышении температуры и в условиях влажности. Как и ожидалось, чем ниже количество содержащихся во флюсе примесей, тем меньше влияния они оказывают на измеренное SIR. Например, при проведении сравнения между флюсами с содержанием примесей в 6 мл., 15 мл., и 30 мл. было замечено, что величина SIR разительно изменялась, понижалась с увеличением числа примесей и при повышении температуры и влажности до тех пор, пока не была достигнута точка, при которой примеси, достигшие температуры испарения, начинали улетучиваться с поверхности печатной платы, тем самым позволяя величине SIR "исправиться".

Также необходимо обратить внимание, что в диаграмме отражен переход примесей в летучее состояние с повышением температуры.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-10 Влияние примесей, содержащихся во флюсе, на микросхему

Пример 2: На Рисунке 3-11 можно увидеть разброс результатов согласно используемому тестовому образцу и применяемому во время испытания градиенту напряжения. Рисунок отражает строгую зависимость от количества квадратов в образце, в том числе, промежутка между каналами, а также от применяемого напряжения. Чем ниже напряжение, тем ниже SIR, а чем напряжение выше, тем выше и сопротивление. Если печатная плата не содержит примесей, и показатели контролируются, в этом случае результаты не зависят от напряжения. Тем не менее, труднее провести проверку SIR при низком напряжении и большим числом квадратов.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-11 Разброс результатов, полученных основываясь на разности количества квадратов.

3.2.4.1 Примеры расчета количества квадратов
Большое разнообразие элементов микросхем, используемых для проведения проверки SIR содержится в Приложении В к данному документу.

1) **Военный Y-образный элемент микросхемы**

Рассмотрим стандартный военный Y-образный элемент, показанный на Рисунке 3-9, используемый для проверки соответствия качества. Длина противоположной поверхности проводника составляет 76,2 мм [3,00 дюйма]. Нет необходимости подсчитывать длину обеих поверхностей, можно рассчитать только общую площадь.

Интервал между поверхностями составляет 0, 635 мм [0, 025 дюйм]. Таким образом, количество квадратов будет следующим: 76,2 мм / 0,635 мм [3,00 дюйма / 0,025 дюйма] = 120 квадратов.

2) **Простой гребенчатый элемент**

Рассмотрим простой элемент гребенчатой структуры, показанный на Рисунке 3-12. Область взаимного наложения показана серым цветом. Наложение в высоту составляет 25,4 мм [1,00 дюйм]. Вся область наложения состоит из 16 участков. Таким образом, общая длина противоположных поверхностей будет составлять 16 * 25,4 мм = 406 мм [16 * 1,00 дюйма = 16 дюймов]. Ширина каждого участка 0,635 мм [0,025 дюймов]. Число квадратов будет : 406 мм / 0,635 мм [16,00 дюймов / 0, 025 дюйма] = 640 квадратов.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-12 Пример простого гребенчатого элемента микросхема

К примеру, в тестовых гребенчатых элементах печатных плат IPC-B-36 длина составляет 546 мм [21,5 дюйма], ширина – 0, 152 мм [0,006 дюйма], а номинальный подсчет квадратов составил 3583. Элемент гребенчатой структуры платы IPC-B-24: длина – 518 мм [20,4 дюйма], ширина – 0,508 мм [0,020 дюйма], кол-во квадратов – 1020. Тестовая элемент микросхемы Bellcore: длина – 559 мм [22,0 дюйма], ширина – 1,27 мм, кол-во квадратов 440.

3) Встречно - штыревые контактные площадки

Третьим наиболее известным тестовым элементом печатной платы для проведения проверки SIR являются встречные контактные площадки, изображенные на Рисунке 3-13. Каждая вторая контактная площадка имеет заземление, и SIR всего комплекта площадок замеряется между площадками. В данном примере длина отдельной площадки составляет 1,27 мм [0,050 дюйма], а ширина – 0,635 мм [0,025 дюйма]. Область перекрытия составляет 1,27 мм [0,050 дюйма] * (16 участков наложения) = 20,32 мм [0,8 дюйма]. Общее число квадратов – 20,32 мм / 0,635 мм [0,8 дюйма / 0,025 дюйма] = 32 квадрата.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-13 Поверхностные встречно-штыревые контактные площадки.

3.2.4.2 Использование понятия квадрат Если преобразование измеренного сопротивления в нормированное выражение ом на квадрат вызывает так много споров, как было заявлено ранее, тогда зачем упоминать о нем в данном документе?

Многие технические требования ссылаются на расчет квадратов различных тестовых элементов. Например, технические требования Bellcore TR-NWT-000078 допускают использование альтернативных тестовых элементов печатных плат для проведения проверки SIR, поясняя, что в альтернативном элементе количество квадратов сравнительно равное или превышает количество квадратов в элементе Bellcore. Отчеты о проведенных испытаниях (например, IPC-TR-580) иногда содержат нормированные данные. Поэтому, объяснение понятий квадратов и нормирования считается применимым.

Разработчики могут задать вопрос, насколько большого размера должен быть разработанный элемент или какое количество квадратов должно быть заложено в тестовом элементе. Чем выше количество квадратов в элементе, тем более чувствительным будет элемент к загрязнению. Наличие в элементе количества квадратов, превышающих 4500 – 5000, сделает элемент чрезмерно чувствительным и усложнит прохождение исторических уровней повреждений, описанных в IPC J-STD-004 или в совпадающем с ним военном стандарте. Наличие слишком малого числа квадратов приведет к выполнению проверки во всех случаях за исключением сильного загрязнения.

Сравним гребенчатые элементы платы IPC-B-36 (0,152 мм [0,006 дюйма] – и длина и промежуточный интервал, 3500 квадратов) с гребенчатыми элементами платы IPC-B-24 (0,406 мм [0,016 дюйма] в длину, 0,51 мм [0,020 дюйма] – промежуточный интервал, 1020 квадратов). С точки зрения общего размера, элементы платы IPC-B-36 меньше и более компактные. Большой интервал (0,152 мм [0,006 дюйма]) делает элемент крайне чувствительным к загрязнениям, но компактность позволяет занять меньше места, таким образом, снижается возможность загрязнения. С другой стороны, плата IPC-B-24 физически больше, что предоставляет больше возможностей появления повреждений, вызванных загрязнением, но в то же время не такая чувствительная к нему.

3.2.5 Механизмы токопроводимости Читателю предлагается закончить с информацией по химическому инжинирингу и перейти к разделам, посвященным динамики химического переноса.

В общем, чистая вода является слабым проводником. При наполнении воды ионным материалом, она становится раствором электролита. Отрицательно заряженные анионы и положительно заряженные катионы служат для проводимости электрического тока в растворе. Чем больше уровень содержания ионного материала, тем больше электрического тока может содержаться в растворе.

Деионизированная вода – очень "голодный" растворитель. Неспособна нести ионы. Поэтому, чистая DI вода (>10 мегаом-см и в особенности 18 мегаом-см) по своей природе разъедающее вещество. Таким образом, металлические трубы не могут быть использованы в системе снабжения DI воды, так как она может разъесть трубы. Более подробная информация о трубах для DI воды содержится в ссылке 6 пункта 10.1. Чистая вода, даже если она "деионизирована" разлагается до некоторой степени, до появления H^+ и OH^- ионов, но только на очень низких уровнях.

3.3 Факторы, влияющие на результаты испытаний Как отмечалось выше, существует огромное число факторов, способных оказать влияние на результаты проверки SIR. К факторам относят характеристики материалов, способы обработки образцов, методы их подготовки к испытанию, и т.д. Данный раздел будет посвящен факторам, связанным с тестовыми установками и техниками.

3.3.1 Электропроводка Тип провода, изоляция провода, метод присоединения провода и его размещения может и оказывает влияние на результаты испытаний, особенно при замерах сопротивления выше 10^{11} Ом, в соответствии с требованиями новейших спецификаций.

Провода могут быть следующих типов: одножильный или многожильный провод, плоский ленточный кабель, типовой одножильный изолированный провод, а также экранированный или неэкранированный коаксиальный кабель. В некоторых установках для проведения теста THB используются провода меньшего сортамента (сортамент 24-28) для того, чтобы через кабельный вход проходило большее количество проводов. Одножильный провод - более чувствителен к поломкам, чем многожильный

провод, но в многожильный проводе примеси могут попасть под изоляцию, благодаря капиллярному действию.

Наличие некоторого рода экранирования на проводе, как на коаксиальном кабеле, может в значительной мере сократить количество электрических помех при измерениях, но добавить хлопот при подготовке установки. При использовании коаксиального кабеля, оплетка экранирования применяется только для заземления и не должна быть использована для линий запитки элементов печатной платы, используемых в испытании, а также не для линий тока отраженной волны.

Изоляция провода может быть выполнена из практически любого полимера от полиэтилена до политетрафторэтилена (PTFE). При проведении проверки SIR / THB используемая изоляция должна обладать высокой электрической прочностью, высоким сопротивлением, а также не содержать солей галоидоводородной кислоты. В основном, полиэтилен – не дорогой материал, но обладающий меньшей чувствительностью по сравнению с материалом PTFE, и считающийся непригодным, если температура превышает 50°C. Материал PTFE, обладающий прекрасными диэлектрическими и изоляционными характеристиками, такими как низкой емкостью и диэлектрической постоянной, считается дорогим, и является мягким и чувствительным к повреждениям и хладотекучести. Обычно, предпочтительным материалом при проведении большинства проверок THB считается материал PTFE. Необходимо избегать использования поливинилхлорида (PVC) (полимер, содержащий соль галоидоводородной кислоты) или других низкомолекулярных полимеров. Данные низкомолекулярные полимеры очень быстро разрушаются под воздействием повышающихся условий проверки SIR, дегазированного хлорида, результатом чего является неприемлемый ток утечки.

Присоединение провода может осуществляться методом припоя, опрессовки, при помощи зажимов типа «крокодил», торцевых гребенчатых соединителей и штырей с пружинами. У каждого из них есть свои плюсы и минусы. Припой (фиксированный монтаж) обеспечивает самое надежное соединение, но привносит примеси (флюс) в тестовый образец. Если происходит повреждение, то из-за чего, из-за системы материалов или из-за наличия загрязнения в припое? Обратите внимание на то, что нанесение припоя запрещается проводить в камере для проведения испытаний для того, чтобы избежать загрязнения самой камеры.

Опрессованные соединения надежны, но хороши только для одного испытания, после которого они могут придти в негодность, после чего соединения на проводах должны быть заменены. При проверке SIR используются всего несколько типов опрессованных соединений и широкое разнообразие конфигураций для проведения испытаний. Поверхность зажимов типа «крокодил» должна быть обработана, нанесено либо золотое, либо никелированное покрытие. Во время проведения испытания они также могут отвалиться от тестовой платы из-за вибрации камеры. Долговременные крепежные приспособления, оснащенные пружинами и штырями с золотым покрытием, могут быть использованы несколько раз и не содержат примесей, но очень дорогостоящие в изготовлении и эффективны только для комплекта печатных плат большего размера.

Преимуществом торцевых гребенчатых соединителей является многоразовое использование, простота присоединения к тестовому образцу и ограниченная возможность загрязнения. Однако, основание тестового образца должно быть разработано с учетом контактных пальцев, а также должно быть предусмотрено пространство между контактными пальцами для тока утечки. Другим недостатком таких соединителей является возможность образования оксида и со временем потеря необходимого для контакта напряжения (пружина). По этой причине, контактные пальцы должны быть покрыты золотом и периодически проверятся на отсутствие разомкнутого контура (потери контакта).

Важным является закрепление проводки. Так как диэлектрические материалы гнутся, от нагрузок, внутри изоляционного материала образуются токи малого напряжения (трибоэлектрические токи). От трения изоляционных материалов друг о друга может возникнуть электростатический разряд. Так как поверхностное сопротивление изоляции измеряется в пикоамперах, то данные трибоэлектрические и электростатические токи могут исказить результаты. Даже вибрация провода, вызванная работающей камерой, может образовать такой ток. Закрепление проводов на местах, относительно друг друга и относительно камеры, может снизить вероятность появления данных токов.

3.3.3 Размещение образца в камере При воздействии повышенной температурой и влажностью, электрод, участвующий в испытании, вместе с диэлектрическим материалом, выступают в роле конденсатора. Электрическая емкость зависит от впитывания диэлектриком влажности в любое отдельно взятое время. Если образцы печатных плат, участвующие в испытании расположены перпендикулярно проходящему в камере потоку воздуха, то влажный воздух будет напрямую влиять на тестовый образец, увеличивая проникание воды. Скорость потока воздуха, его направление, турбулентность, все это влияет на относительную влажность внутри камеры и таким образом на впитывание влажности. Так как большая часть потока воздуха в камере проходит от генератора влажности, где влажность составляет 100%, по направлению к передней части камеры, где влажность уже не такая высокая, то стимулирующее действие будет оказывать влажный воздух. Чем меньше воздействие дующего влажного воздуха, тем меньше интенсивность всасывания. Более явно данный эффект проявляется на тестовых платах без покрытия. Если образцы печатных плат, участвующие в испытаниях, располагаются параллельно потоку воздуха, эффект проникания снижается. Параллельно расположенные образцы также снижают турбулентность потока воздуха, позволяя лучше регулировать температуру и влажность.

Тестовые печатные платы всегда должны размещаться вертикально, как показано на Рисунке 3-14. Это снижает вероятность того, что конденсат, собирающийся на верхней поверхности камеры, упадет на элементы печатной платы. Если используют торцевые соединители, то платы должны быть подвешены под соединителями для того, чтобы избежать скопления воды или примесей. Если провода припаяны или присоединены к плате опрессовкой, тогда провода должны свисать под элементом, участвующим в испытании для того, чтобы примеси или конденсат сбегал по проводам вниз от печатной платы.

3.3.4 Напряжение Применяемое во время испытания напряжение часто влияет на уровни наблюдаемого сопротивления. Если в качестве движущей силы используется напряжение более низкого уровня, то получающиеся в результате токи малого напряжения и, поэтому, они более чувствительны к помехам и, следовательно, менее стабильны. Если используется напряжение более высокого уровня, особенно на образце с малыми промежуточными интервалами, то напряжение может превысить диэлектрическую прочность материала, вызывая при этом дуговой пробой, коронный разряд и обугливание образца.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-14 Пример закрепления тестовых образцов на стойке внутри камеры для проведения испытаний (Фотография предоставлена Concoat System Limited).

Применение электрического потенциала определенного уровня чаще всего определяется согласно коммерческим или военным требованиям. Исторически сложилось, что из-за большого разнесения в цепи и нечувствительных приборов, обычно, напряжение смещения составляло 100 – 500В постоянного тока. Напряжение электризации находилось в диапазоне между 500 – 1000В постоянного тока. Чем плотнее становятся схемы печатной платы, тем меньше разнесение цепи тестовых образцов, которые обычно зависят от стандартных интервалов, заложенных в производственной сборке. В настоящее время напряжение смещения устанавливается в диапазоне между 10-100В постоянного тока, а напряжение электризации – от 10 до 500В постоянного тока. Краткое содержание испытания показывает, что уменьшенное напряжение электризации не приведет к изменению показателей сопротивления. Требования к проведению испытания обычно отстают от технологии на несколько лет, что приводит к электрическим перегрузкам.

Большинство электрических потенциалов, используемых при проведении проверки THB, исторически являются потенциалами постоянного тока (DC). При проведении наиболее поздних экспериментов начали применять переменный ток (AC). Использование AC или DC зависит от того, механизм какого повреждения исследуется. Напряжение DC применяется при проверки повреждений, вызванных электрохимической утечкой или утечкой тока. Напряжение переменного тока часто используется, если печатный узел спроектирован с учетом функционирования при переменном токе, или механизм повреждения связан с нарушением диэлектрического материала.

Напряжение, применяемое к элементам платы, участвующим в испытании, влияет на интенсивность роста древовидных нитей, как показано на Рисунке 3-2. Количество металла, перемещаемого электролизом, пропорционально току в ионах металла. Однако, только некоторая часть электрического тока, содержащегося в тонком впитывающем влагу слое, совместима с данными ионами. В наличии имеются также ионы водорода, и воздействия прочих механизмов токопроводимости (см. Ссылки 12 и 13 в пункте 10.1). Следовательно, отношения между применяемым напряжением и интенсивность роста древовидной структуры не просты. Экспериментальная работа показывает, что применения половинной мощности – увеличение напряжения в 10х дает увеличение в 3х в росте древовидной структуры.

3.3.4.1 Испытания при высоком напряжении Существуют узлы, электрический потенциал между проводниками которых составляет тысячу вольт. Данное устройство может быть источником высокого напряжения или рентгеновской аппаратурой. Испытания, проводимого при использовании низкого напряжения, порядка 50-100В, может быть недостаточно для определения механизма повреждения, например такого, как пробой диэлектрика, которое может возникнуть при эксплуатации с более высоким напряжением.

Для получения хороших результатов тестов с использованием высокого напряжения должны быть предусмотрены некоторые меры предосторожности. Во-первых, необходимо обратить внимание на ограничение мощности дуги пробоя. Проводится с типовыми схемами. Если мощность не ограничена, то плата может быть повреждена дугой (может обуглиться). Во-вторых, пыль и прочие остатки бесспорно могут быть ошибочно приняты за повреждения. Если возникает пробой, осторожно очистите плату и проведите тест заново, чтобы убедиться в том, что повреждение не ложное. В третьих, поверхностный пробой также создает помехи при проведении испытания. При 1000В поверхностная дуга делает скачок на 0,254 – 0,38 мм [0,010 – 0,015 дюйма], при условии, что поверхность платы ровная. Это происходит выше, чем разрыв электрической цепи в воздухе, и происходит из-за феномена, известного как «усиленный пробой диэлектрика». Такие условия часто возникают, когда в покрытии припойного трафарета обнаруживается дефект. Выше 1000 В – ошибочные повреждения от поверхностной дуги снижают пользу от проведения испытания.

Недостатком испытания при высоком напряжении является его дороговизна и скорость проведения. Как правило, испытательные установки, позволяющие использование высокого напряжения, дорого стоят. Стандартный полупроводниковый переключатель не используется, необходимы либо реле большой мощности, либо специальные полупроводники. Также емкостное сопротивление и индуктивность ограничивают скорость проведения испытания. Чем выше напряжение, тем медленнее испытание. Правильно проведенное испытание при высоком напряжении – это хороший способ подтверждения надежности платы для эксплуатации при высоком напряжении. Однако, такая проверка дорогостоящая и проводится только по требованию конечного пользователя. С практической точки зрения, проведение испытания должно быть ограничено 1000В постоянного тока. Дополнительную информацию об испытаниях при высоком напряжении смотри в ссылке 5 пункта 10.1.

3.3.5 Температура при проведении испытания На температуру при проверке могут влиять многие факторы, включая количество водяного пара в воздухе, подвижность ионов в растворе электролита, скорость, с которой пластификаторы покидают печатную плату, и т.д. Исторически считалось, что «старение» печатного узла являлось следствием интенсивности реакции «Аррениуса», при которой каждое увеличение на 10 градусов Цельсия удваивало скорость старения.

Пример: Один год эксплуатации в условиях тропиков (35°С, 85% RH) может быть приравнен к сроку службы в 6

месяцев при условиях в 45°C и 85% RH, а также к 3 месяцам при 55°C и 85%RH, и т.д.

Предположительная скорость старения определена благодаря исследованиям старения в результате термообработки сухим жаром. Осталось неизвестным, оказала ли влажность синергетическое воздействие на скорость старения, но без влажности было бы невозможным протекание некоторых электрохимических реакций.
Следует отметить, что многие материалы с загрязняющими веществами, оказывающие воздействие на уровень поверхностного сопротивления изоляции, могут быть удалены с тестового образца при повышенных температурах либо сублимацией, либо выпариванием загрязняющих примесей. Конформное покрытие образцов будет препятствовать такой потере загрязняющих веществ, так как покрытие, наложенное поверх остатков флюса (с малым содержанием примесей) скорее усугубит ситуацию, чем решит ее.

3.3.6 Влажность при проведении испытаний От влажности зависит количество водяного пара, необходимого для образования раствора электролита с наличием примесей на поверхности платы. В основном, низкий уровень относительной влажности при проведении проверки не приводит к феномену электрохимического смещения, тогда как высокая относительная влажность приведет к насыщению печатной платы влагой и к все большим случаям электрохимического смещения.

3.3.7 Скорость изменения, от условий окружающей среды до условий, превышающих норму Большинство проверок TH / THB требует некоторого периода пребывания тестового образца в условиях окружающей среды до снятий первоначальных показаний. Частично, данный период основывается на правилах измерений Американского общества специалистов по испытаниям и материалам (ASTM). В большинстве случаев тестовые образцы хранятся в герметичных контейнерах, например в непропускающих тепло пакетах. Если жидкость, используемая для обработки (например, жидкость после очистки водой), не была полностью удалена из герметичного пакета с тестовым образцом, то желательно чтобы образец был приведен в соответствие с стандартными условиями окружающей среды.

За снятием первоначальных показаний следует изменение условий проведения испытания со стандартных на условия, превышающие нормы. Скорость, при которой происходит данная смена, может вызвать конденсат на тестовой плате, в особенности, если плата нагрета. С повышением температуры в камере интенсивность нагревания самих тестовых образцов будет отставать от нагревания пропитанного влагой воздуха (обычно пара). Если разница температур печатной платы и воздуха достаточная, тогда возникает конденсат. Представьте холодную банку пива в жаркий летний день. Вода конденсируется на холодной поверхности банки из окружающей атмосферы. Согласно большинству спецификаций наличие конденсата на непокрытых элементах тестовой платы объявит проведение испытания недействительным.

Интенсивность изменения условий, превышающих нормы, на условия окружающей среды не вызывает эффекта конденсации, так как температура тестовых элементов обычно выше температуры окружающего воздуха, что исключает возможность образования влаги.

3.3.8 Конструктивное исполнение тестовых плат
Многие факторы, относящиеся к размещению элементов, участвующих в проведении проверок, на тестовой плате могут повлиять на результаты испытания. К ним относят: расстояние между соседними проводниками печатной платы, физическая геометрия тестовых элементов, формирование разводки между тестовыми элементами и контактными пальцами, физическое расстояние между линиями подачи напряжения и линиями обратного тока, физический размер тестовой печатной платы, наличие предохранительных линий и топография поверхности слоистого материала.

В самых последних спецификациях рекомендуется использование пробных образцов для испытаний, специально спроектированных таким образом что они включают большинство, если не все элементы, представленные ниже, а Приложение С, включает описание преимуществ и недостатков доступных испытательных средств.

а) Расстояние Это промежуток между электродами. Расстоянием между электродами определяется максимальное количество напряжения, которое можно применить к тестовому элементу. Максимальное напряжение не должно превышать диэлектрической прочности (выражается в вольт/мил) слоистого материала. В стандарте IPC-6012 содержится требование по максимально допустимому напряжению на основе диэлектрической прочности. Если целью испытания является критическая оценка изделия, то расстояние между электродами на тестовой плате должно быть отображением минимального расстояния на выпускаемых изделиях.

С другой стороны, у тестовых плат, используемых для оценки волнового припоя, длина линий и ширина между электродами должны быть минимальными и не защищены припойным трафаретом для избегания проблем с замыканием. Если проводится оценка паяльной пасты, то тестовые платы должны быть снабжены трафаретами. Так как паяльная паста редко используется на проводниках (выпускаемых печатных плат), в конструктивном исполнении печатных плат должны быть предусмотрены расстояния от одной контактной площадки до другой.

С применением данного электрического потенциала, увеличение расстояния между проводниками увеличит последовательное сопротивление, тем самым сократив градиент напряжения и уменьшив ток, необходимый для перемещения металлов и роста древовидных нитей.

б) Физическая геометрия тестовых элементов
Электромагнитная энергия имеет тенденцию концентрироваться в точках или прямых углах. Если у тестовых элементов прямые углы или остроконечные точки попадают на электроды, то, скорее всего, электрохимическое смещение начнется именно в этих местах. У электродов тестовых элементов должны быть закругленные углы везде, где это возможно. Слабое травление во время производства печатной платы может привести к образованию остроконечных точек, что приведет к тому же эффекту.

На Рисунке 3-15 показана конечная часть элемента встречно-штыревой гребенчатой структуры. Также на рисунке виден рост дендритов вследствие проведения

проверки поверхностного сопротивления изоляции и использования задней подсветки тестового образца.

Если тестовый элемент большого размера, такой как большая гребенка (много встречно-штыревых участков), то элемент может быть и конденсатором и антенной, что приведет к заряду диэлектрика и электромагнитным помехам соответственно.

c) Формирование разводки Если контактная площадка, используемая для подачи тока к элементу платы соседствует с контактной площадкой, используемой для обратного тока, то может возникнуть перекрестный ток или ток утечки, что исказит результаты. Измерения сопротивления должны проводиться вокруг проверяемого электрического элемента, а не вокруг соседних линий, ведущих к данному элементу.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-15 Пример роста древовидной структуры. На практике линии, ведущие к контактным площадкам подачи напряжения, и линии от площадок обратного тока должны быть разнесены как можно дальше друг от друга и между ними должны находиться предохранительные линии там, где это возможно. Важно не проложить катодную линию от элемента №1 вдоль анодной линии элемента №2. Это может вызвать ошибки при одновременной проверке нескольких элементов.

d) Предохранительные линии Это один из самых важных элементов при проектировании и размещении схемы проверки SIR. Предохранительные линии – это элементы цепи, используемые для отделения участков подачи напряжения от участков обратного тока на тестовой печатной плате. В большинстве случаев предохранительные линии, для которых используется тот же потенциал что и для линий прохождения сигналов (обычно заземления), защищают от протечек тока и их попадания в результаты измерений. В большинстве случаев «утечка» напряжения из линий подачи напряжения в предохранительные линии незначительно влияют на результаты измерений. Использование предохранительных линий гарантирует выполнение измерения поверхностного сопротивления изоляции в намеченном месте, а не в каком-либо ином месте. Если сомневаетесь, установите защиту.

e) Размер тестовой печатной платы Размер тестовой платы может повлиять на стабильность показаний. Печатные платы малого размера могут быстрее реагировать на изменения температуры и влажности благодаря своей низкой тепловой массе. Следовательно, платы еще меньшего размера более чувствительны, но менее стабильны. Обратное - верно для плат большего размера.

f) Размещение тестовых элементов Если элементы, участвующие в проверке поверхностного сопротивления изоляции, расположены далеко от места загрязнения, которое вы хотите исследовать или нет необходимости в очистке такого участка, то от таких элементов будет мало пользы. По этой причине элементы проверки SIR обычно располагаются в следующих местах:

- Под посадочным местом большого электронного компонента печатной платы. Элементы гребенчатой структуры или параллельные линии под компонентом большого размера, например, LCC (безвыводной кристаллодержатель) или ASIC (прикладная микросхема) могут передать эффект флюса, содержащегося на труднодоступных для очистки участках или местах, защищенных от воздействия различных процессов (например, пульверизационной очистки, не оказывающей воздействие на поверхность под компонентом платы).
- По периметру компонента большого размера. Если электронный компонент 256 I/O ASIC установлен на поверхностную контактную площадку, то по внутреннему периметру его посадочного места можно проложить параллельные линии. Они будут использованы в определении воздействия оплавления флюса при пайке, который может попасть под электронный компонент в процессе оплавления.

На Рисунках 3-16 и 3-17 показаны тестовые печатные платы, спроектированные по данной концепции.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-16 IEC пробный образец для описания процесса (из IEC 61189-5)

(см. в оригинале)

Рисунок 3-17 IPC-B-52 Пробный образец, спроектированный SIR TG

g) Макеты компонентов Следствием наличия на печатном узле нескольких компонентов, скорее всего, будет большая концентрация оставшихся примесей, в особенности при применении техники пайки волной припоя. Для данного испытания и прочих проверок, характеризующих процесс, рекомендуется и полезно использование макетов компонентов. Важно, чтобы это был именно «макет» компонента, а не элемент, созданный из «скрапа». Если будет использоваться «скрап», то внутренние проводники и соединения будут оказывать влияние на результаты испытания; и по закону подлости (Мерфи) не совсем хорошее.

3.3.9 Периодичность измерений Исторически, замеры сопротивления при проверке SIR проводились в установленное время, каждые 24 часа или 5 раз за семидневный период. Недавние исследования и улучшения оборудования для проведения проверки SIR показали, что частые проверки уровней поверхностного сопротивления изоляции – единственный способ обнаружить эффект электрохимического смещения во время проведения испытания. При частых проверках показания снимаются каждые пять минут по сравнению с вариантом проверки каждые 24 часа, при которой ценная информация, как это показано на Рисунке 3-18, может быть потеряна. Поэтому рекомендуется техника частой проверки.

(см. в оригинале)

Рисунок 3-18 Временное уменьшение поверхностного сопротивления изоляции, которое невозможно обнаружить при использовании техники нечастой проверки.

3.3.10 Конформное покрытие Некоторые спецификации требует выполнения проверки SIR на образцах с конформным покрытием. В основном, конформное покрытие ограничивает любые взаимодействия между условиями влажности при проведении испытания и тестовым элементом, находящимся под покрытием. Общим эффектом является реакция замедленного типа. Конформное покрытие представляет собой естественный барьер, но отсутствие конформного покрытия не приведет к проникновению воды. Конформные покрытия – все органические вещества, обладающие коэффициентом водопроницаемости. Чаще всего образцы с конформным покрытием тестируются при циклических условиях, что способствует образованию конденсата. Периодическое изменение температуры вызывает «нагнетание» водяного пара. Проведение более долгого по времени испытания (относительно образцов без покрытия) требуется, чтобы водяной пар вступил во взаимодействие с остатками веществ, используемыми при обработке, для приведения в действие механизма разрушения.

3.4 Известное влияние технологических процессов на уровень SIR Хорошие показатели поверхностного сопротивления изоляции зависят от высокого уровня чистоты тестового образца. Критической для достижения высокого уровня поверхностного сопротивления изоляции является возможность удалять очищающее средство и прочие технологические остатки. Если ионное загрязнение не удалено, то в процессе выполнения последующих операций оно может быть заблокировано, что приведет к сопротивлению низкого уровня. Существуют также остатки неионогенных веществ, влияющие на поверхностное сопротивление изоляции, в особенности это относится к гликолевому или кремнийорганическому поверхностно-активным веществам, как правило, используемым в долговечных припойных трафаретах и флюсах.

3.4.1 Предварительная очистка Если материал подложки, до проведения обработки самого тестового образца, будет предварительно очищен, то измеряемый уровень SIR будет зависеть от загрязнения, полученного во время обработки образца, а не от предсуществующего загрязнения. Возможно использование нескольких методов предварительной очистки: шлифовка при помощи щетки с последующей промывкой, химическое микро-травление, очистка органическими растворителями и / или водяная очистка. Окончательная промывка изопропанолом / водой рекомендуется при использовании любого метода предварительной очистки. Специальный тестер для проведения испытания с образцом на наличие основных ионных загрязнителей отлично служит для этих целей. Образцы должны быть тщательно высушены перед проведением испытания или после проверки SIR.

3.4.2 Процесс проявления Метод, с использованием которого происходит обработка трафаретов для нанесения припоя, может оказывать влияние на уровень поверхностного сопротивления изоляции.

- ***Проявление \ Без проявления*** - У тестовых образцов, прошедших процесс проявления и промывки, уровень SIR обычно составляет на 0,5 – 1,0 разряда выше чем у тестового образца, к которому не применялся проявляющий раствор.
- ***Процесс проявления*** - Более долгое применение проявляющего раствора снизит уровень поверхностного сопротивления изоляции благодаря продленному химическому воздействию химикатов проявителя. Кажется, что этот эффект не зависит от проявителя. Использование карбоната натрия, карбоната калия или моноэтаноламина в качестве раствора проявителя не будет оказывать влияния на уровень поверхностного сопротивления изоляции.
- ***Промывка после проявления*** - Эффективность процесса промывки является важной составляющей. Повышенная температура воды (45-55°C) и увеличенное время промывки служат для увеличения уровня поверхностного сопротивления изоляции. Качество воды также очень важно. Предпочтительной является промывка деионизированной водой, чем промывка водопроводной водой. Было выявлено, что увеличенное время замачивания (две минуты, 65 - 70°C) после проявления улучшает поверхностную сопротивляемость изоляции. В общем, процесс проявления добавляет ионное загрязнение, что может снизить сопротивляемость. Удаление ионного загрязнения необходимо для хороших показателей поверхностного сопротивления изоляции.
- ***Дополнительная сушка*** – Если сушка рекомендуется в качестве одного из этапов обработки припойного трафарета, то проведение данного этапа является важным для хороших показателей сопротивляемости.

3.4.3 Сушка Просушка слоистого материала, припойных трафаретов, конформных покрытий и т.д. увеличивает образование поперечных межмолекулярных связей между полимерами (их сшиваемость). С увеличением уровня сшиваемости повышается изоляционное свойство материала, что приводит к повышению уровня поверхностного сопротивления изоляции. В большинстве механизмов просушки в электронной промышленности используется либо ультрафиолет, либо термообработка или комбинация из двух средств. Увеличение воздействия

ультрафиолета или продолжительности сушки, как правило, увеличивает количество поперечных межмолекулярных связей.

3.4.4 Нивелирование припоя горячим воздухом (HASL) Данный процесс проводится при жестких условиях, доводя температуру слоистого материала и трафарета для нанесения припоя выше температуры стеклования (T_g), в то время как поверхность покрывается флюсом. Чем выше эффективность процесса очистки после проведения HASL, тем выше показатели сопротивления.

Общеизвестно, что процесс перераспределения молекул олова – свинца при изготовлении печатной платы – один из факторов, оказывающих наибольшее влияние на ухудшение уровня SIR. И HASL и покрытие / наплавление олова-свинца, как правило, происходит с использованием хлоридсодержащих и бромидсодержащих жидкостей, которые трудно удалить после пайки наплавлением. Процесс перераспределения олова-свинца может снизить показатель SIR до 3-2 разрядов (от 10^{12} до 10^9). Смотри ссылку 3 пункта 10.1 – Свидетельство Bellcore. Показатели годности по уровню SIR, содержащиеся в данной спецификации ниже для олово-свинцовых печатных плат с покрытием, чем для медных плат без покрытия. Данные цифры отражают влияние нивелирования припоя горячим воздухом и соответствующих остатков на поверхностную сопротивляемость изоляции.

4. ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПРОВЕРКИ SIR

Большинство проверок TH \ THB попадают под одну из двух категорий: проверка температуры \ влажности в статических условиях и проверка температуры \ влажности в циклических условиях. Далее методы испытаний подразделяются в зависимости от используемых крайних значений температуры. Температуры ниже 40°C обычно считается облегченными условиями. Температуры, превышающие 80°C считаются жесткими условиями.

4.1 Методы проверки – Общее

4.1.1 Циклические условия испытаний В настоящее время существует два основных циклических режима температуры \ влажности для оценки печатного монтажа. Приложение B содержит краткое описание каждого метода.

- **IPC-TM-650,** ***Метод 2.6.3.1 и Метод 2.6.3.2*** – Данные метода проверок используются для оценки материала подложки при условиях сокращение потенциала. Температура варьируется от 25°C; 90% RH до 65°C; 90% RH. Темп линейного изменения – 2,5 часа каждая, с трехчасовым замачиванием, цикл повторяется 3 раза в день. Испытание проводится в течение 20 циклов – 6-2\3 дня. Показания снимаются при условиях, превышающих норму, и при нормальных условиях после проведения испытания. Для получения более полной информации по данным методам читателю предлагается обратиться к руководству IPC-TM-650.
- **MIL-STD-202,** ***Метод 106*** – Данный тестовый метод поход на описанный выше, но в день проводится только два цикла. Вместо третьего цикла, проводится восьми часовое замачивание при нормальных условиях. В некоторых случаях, образец подвергает воздействию температуры -10°C в восьмичасовой период.

Цикличный метод IPC используется для проверки полимерных покрытий, таких как трафарет для нанесения припоя или конформное покрытие. Изменение температуры при условиях высокой влажности влияет на облегчение «нагнетания» воды внутрь и из покрытия. В таких условиях покрытие всегда остается влажным. Вредные остатки могут вызвать электрохимическое смещение, электролитическую коррозию или потерю прилипания (водяные пузыри) между покрытием и материалом платы.

Изначально метод MIL-STD был разработан для имитации условий хранения и \или проверки эксплуатационных характеристик в условиях тропиков. Два цикла имитируют условия утра и дневное время, а также длинный период впитывания в ночное время в условиях тропиков. Данный метод военного стандарта может рассматриваться как более облегченный метод (хотя с исторической точки зрения он более старый).

4.1.2 Жесткие условия проведения испытания в статическом режиме Условия испытания в циклическом режиме обычно не превышают 65°C, и, если это так, то испытания проводятся в течение ограниченного времени. Для некоторых методов испытания требуется постоянная движущая сила для ускорения процессов химического повреждения. Условия постоянной влажности обычно используются, если образцы не имеют конформного покрытия.

Наиболее распространенным методом проведения испытания в статическом режиме при жестких условиях является IPC-TM-650, Метод 2.6.3.3 Продолжительность воздействия семь дней при 85°C; 85% RH и используемым током смещения. Теоретически, каждая неделя в испытательной камере имитирует годовой срок службы в условиях тропиков. Проверка основана на скорости реакции Аррениуса. Повреждения в проверках этого типа – чаще всего это электрохимическое смещение, электролитическая коррозия и чрезмерный ток утечки.

Исследования, проведенные доктором Джоном Соном, бывшим работником AT&T, показали, что условия высокой температуры, такие как 85°C; 85% RH, могут удалить остатки с образца, на котором производится проверка на SIR. Основной материал, исследуемый доктором Соном обладал слабыми органическими кислотами, которые, в основном, являются активирующими веществами в водорастворимых флюсах и слаборастворимых (с содержанием примесей) флюсах (см. ссылку 7). Впоследствии, данная работа дополнена Европейским Объединенным Научно-Исследовательским Проектом, в котором принимали участие Британская национальная физическая лаборатория, компания Сиеменс, Берлин, Ирландская национальная лаборатория по исследованиям в области микроэлектроники и компания Ларри Коцци, Италия.

Исследования показали, что фактически все остатки флюсов с содержанием примесей, испаряются при температуре > 40°C, рекомендуемые по спецификации условия 40°C, 93% RH в настоящее время приняты в большинстве последних обновлений международных технических требований. Для демонстрации на Рисунке 3-11 показано влияние температуры на количество флюса на образце, с которым проводится испытание.

Другие жесткие условия при проведении испытания в циклическом режиме – это условия образования пара,

обычно при использовании давления выше атмосферного. В общем, это чрезвычайно ускоренные стрессовые испытания (HAST). Это одна из проверок, проводимая при наиболее предельных условиях, с момента публикации данного документа. В основном, проверка HAST используется автомобильными и аэрокосмическими компаниями.

4.1.3 Периодичность измерений Исследования показали, что частые снятия показаний необходимы во избежание потери ценной информации. Это, совместно с возможностями современной автоматизированной системы измерений, вытесняет историческое использование снятых вручную показаний.
При снятии показаний вручную частые замеры являются дорогостоящими и неудобными. По этой причине, многие старые измерения во время испытания проводились только один раз в день или в неделю и представляли собой «стоп-кадр». Такая схема измерений не позволяла уловить переходные состояния системы, связанные с ростом древовидной структуры. Число замеров, которые можно сделать, зависит от набора следующих факторов:

- Наличия персонала – ручные \ автоматизированные проверки
- Необходимое время электризации
- Количество образцов, проверка с которыми может быть проведена единовременно
- Тип и размещение испытательного оборудования

Не важно, каков используемый метод измерений, важна поэтапность, гарантирующая логичность проведения измерений.

4.2 Описание методов испытаний Приложение В содержит перечень большинства основных методов проверок поверхностного сопротивления изоляции, используемых в настоящее время. Список содержит не все методы полностью, так как методов проверки SIR столько же сколько и лиц, производящих проверки. В Приложении В также содержится несколько таблиц, с описанием условий проведения проверок и критерии годности, используемые Европейским сообществом и составленные Евой Хеллгрен, Эриксон, Швеция.

4.3 Использование солевых растворов В некоторых из опубликованных методов проверки SIR и электромиграции используются солевые растворы в сушильном приборе для обеспечения необходимой относительной влажности при проведении испытания. Обычно, тестовые образцы помещаются внутрь сушильного прибора, а провода выводятся наружу через отверстие. Отверстие герметизируется каким-либо герметиком, обычно при помощи герметизирующего компаунда RTV (холодное отверждение). Затем сушильный прибор помещается внутрь печи и начинается проведение испытания. У каждого метода есть свои преимущества и недостатки. Таблицы постоянной влажности содержатся в большинстве изданий CRC Справочника по Химии и Физике.

Преимущества:

- Сушильный прибор формирует реальные условия статического режима.
- Малая вероятность образования конденсата на элементах.
- Не возникает вопросов о направлении потока воздуха и размещении образца внутри камеры.

Недостатки:

- Сушильные приборы обычно малого размера, ограничивается количество образцов, испытания с которыми можно провести одновременно.
- Солевые растворы в условиях, превышающих нормы, могут загрязнить элементы.
- Если испытание долговременное (1000 часов +), и сушильный прибор герметизирован не полностью, то солевой раствор должен периодически пополняться, обычно это осуществляется при помощи питающей трубы через герметизированное отверстие. Полностью герметизировать сушильный прибор трудно из-за проводов, выведенных через отверстие.
- Если проверка проходит при использовании высоких температур, то внутри герметизированного прибора образуется жар, что не рекомендуется.
- Недостаточность возможности для динамического впитывания тестовыми образцами водяного пара и их последующей просушки, что может осуществиться при эксплуатации.

4.4 Факторы ускорения При любом обсуждении ускоренных испытаний на старение неизбежно возникает вопрос, как определить ускоряющий эффект в различных условиях. Для определения ускоряющих факторов было предложено использование двух основных моделей: модель Аррениуса и модель Эринга.

4.4.1 Модель Аррениуса Данная модель основана на логарифмической сущности химических реакций. Попросту говоря, с каждым повышением температуры на 10°C время имитируемого испытания сокращается вдвое. Один год эксплуатации \ хранения при 35°C, 85% RH может имитироваться 6 месяцами при 45°C, 85% RH, 3 месяцами при 55°C, 85% RH и т.д. Это должно использоваться как главное практическое правило.

4.4.2 Модель Эринга Модель Эринга основывается на несколько измененном уравнении Аррениуса. В ссылках 9, 10 и 11 содержится более полное объяснение данных моделей. Уравнение Эринга:

$$t2 = t1 \times \exp[\varphi/K)*(1/T1 - 1/T2)] \times \exp[\beta*(1/RH1 - 1/RH2)] \times [A2*Ec2/A1*Ec1]$$

где:
t2 = время ускоренного испытания
t1 = время имитационного испытания
φ = энергия активации в электронвольтах (эВ)
K = постоянная Больцмана ($8{,}63 \times 10^{-5}$ эВ/K)
T2 = температура ускоренного испытания на старение (K)
T1 = нормальная температура (K)
β = постоянная влажности при ускоренном испытании
RH2= относительная влажность при ускоренном испытании на старение (%)
RH1= нормальная относительная влажность (%)
A = постоянная напряжения при ускоренном испытании
Ec2 = электрическое поле на участке коррозии при ускоренном испытании (B)
Ec1 = электрическое поле на участке коррозии при нормальных условиях (B)

В ссылке 9 специальная группа по исследованию пайки при малом содержании примесей использовала данное уравнение для имитации времени испытания для компоновочного узла FMU-139. При условиях в 80°C, 40 % RH замеры производились при 126 часах, 1260 часах, 1639 часах и 2522 часах имитирующих 1 год, 10 лет, 13,3 года и

20 лет хранения соответственно. Для более подробного расчета смотри Ссылки 10 и 11 пункта 10.1.

5. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПРОВЕРКИ SIR

Подготовка к проведению проверки SIR – задача комплексная, включающая разработку крепления, метрологию, компьютерное управление данными и систему контроля. Такие попытки не являются эффективными до тех пор, пока не будет выполнена большая часть проверки SIR. Следующие элементы должны быть рассмотрены во время подготовки к любой проверке поверхностного сопротивления изоляции.

5.1 Сбор данных и соответствующее оборудование Во время любой проверки SIR осуществляется снятие электрических показаний. Если сопротивление не измеряется, то тип данного испытания – тщательная проверка воздействия окружающей среды, при которой проводится визуальная оценка.

Электрические измерения проводятся на очень низком уровне, приблизительно на уровне пикоампер или ниже. Ссылка 4 пункта 10.1 рекомендуется в качестве руководства для начинающих, для понимания некоторых основных соображений об электромагнитном экранировании, токах утечки, и т.д.

Аппаратура для измерений, и электрические соединения между прибором и тестовым образцом становятся важными. На рынке присутствует многообразие испытательного оборудования, которое включает широкий спектр возможности. Источники приобретения испытательного оборудования для проведения проверки SIR содержатся на интернет сайте ассоциации IPC, а также в пункте 10.2.

Оптимальный метод:

- Оптимальная система проведения проверки SIR включает кабели, подключенные к автоматизированной коммутационной схеме, которая подает ток смещения или ток электризации к каждому тестируемому элементу, в соответствии с требованием.
- Коммутационная схема переключает элементы с обычного заземления на прибор, измеряющий сопротивление.
- Будут использоваться отдельный источник напряжения и прибор, измеряющий ток вместо одного измерительного прибора, выполняющего обе функции.
- Прибор считывания тока работает ни низком уровне в 10^{-15} ампер.
- Оборудование включает токоограничивающий резистор в канале измерений при 1 мегаом и используется для предотвращения разрушения древовидной структуры и облегчения последующего анализа электрохимического (дендритного) разрушения.
- Управление оборудованием и регистрация всех данных осуществляется компьютером.

Самый простой метод: Отдельный измерительный прибор, для применения напряжения при испытании, считывает получившийся в результате ток, и преобразует его в сопротивление. Обычно это устройство называют мегаомметр. Испытательный конец присоединяет измерительный прибор к внешнему креплению и его перемещение от одной проверочной точки до другой осуществляется оператором. Ранние версии мегаомметров полностью аналоговые, требующие участия оператора. Несмотря на то, что данный метод требует вложения минимального капитала и широко используется, он обладает некоторыми недостатками:

- Показания снимаются последовательно (один тестовый элемент за раз). Если тестируемых элементов много, то на работу будет затрачено приличное количество времени, что не вызовет большого интереса у оператора.
- Обычно у данных приборов нет электромагнитного экранирования, и при работе используются неэкранированные выводы. Электромагнитное поле формируется в лаборатории, и оператор может существенно исказить результаты.
- Высокое сопротивление приравнивается к уровням с очень низким током, восприимчивым к шумам. Измерения сопротивления могут быть нестабильными в максимальных показателях шкалы сопротивления и подлежат разъяснению оператора. Обычно максимальные показатели для измерительных приборов данного типа составляют $10^{12}\Omega$.
- Значения должны быть переписаны вручную в блокнот или занесены в компьютер.

Аналоговые версии мегаомметра не годятся для коммутационных схем или компьютерной сети сбора данных. Более современные цифровые мегаомметры могут подсоединяться к другим приборам и компьютерам (например, шине GPIB) в большинстве протоколов.

Практичный метод: Более практичный метод сбора данных исключает недостатки мегаомметра, но и не требует высоких расходов, затрачиваемых на полностью автоматизированные средства. Такая система включает коммутационный элемент, чувствительный амперметр или комбинацию из вольтметра – амперметра, и компьютерное управление. Подсоединения между коммутационной схемой и внешними приборами камеры могут быть съемного вставного типа и могут перемещаться между тестируемыми элементами. Программное обеспечение, осуществляющее контроль над приборами и регистрацию данных, может быть простым и недорогим, например как элемент управления Visual Basic.

5.2 Крепежные приспособления Использование крепежных приспособлений может улучшить воспроизводимость проверки поверхностного сопротивления изоляции. Закрепление рекомендуется для любой проверки, если только это не «одноразовое» испытание. Крепежные приспособления удерживают образцы в камере, используются для прокладки электрических проводов и осуществления интерфейса с внешним устройством сбора данных.

Крепежные приспособления должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдерживать неоднократное старение. Они будут подвергаться воздействию тех же самых ускоренных условий старения, что и тестируемые образцы, и следовательно не должны добавлять какого-либо загрязнения во время проведения теста.

Следовательно, крепежные приспособления обычно изготавливаются из электрополированной нержавеющей стали, и используются разъемы с золотым покрытием. Особые кабели, также способные выдерживать неоднократное старение, используются для подключения установки к измерительной системе. Пример крепежной установки смотри на Рисунке 5-1.

Рисунок 5-1 Пример тестовой крепежной установки.

5.2.1 Крепежные приспособления, помещаемые внутрь камеры Крепежные приспособления, удерживающие тестовые образцы, и осуществляющие электрическую связь образцов с внешним миром, могут влиять на точность измерений и на степень управляемости камерой. Все крепежные приспособления, помещаемые внутрь камеры, должны быть изготовлены из недегазированных, нержавеющих, недеформируемых материалов, таких как PTFE (политетрафторэтилена), нейлона, полиэтилена или нержавеющей стали. Материалы, окисляемые или дегазированные, такие как ржавеющие стали, PVC (поливинилхлорид), природный каучук, хлорированная или сульфированная пластмасса, не должны использоваться.

Алюминий может использоваться в том случае, если он был полностью анодирован по завершению всего процесса механической обработки. Крепежные приспособления из анодированного алюминия не должны соприкасаться с любым другим металлом внутри камеры для избегания коррозии, появляющейся из-за соприкосновения разнородных металлов.

При прокладке кабелей или проводов от установок через отверстие в камере необходимо убедиться в достаточной длине провода для образования капельной петли или S-образного изгиба. Пар будет конденсироваться рядом с отверстием камеры и сбегать по проводам. Если петля не на месте, то конденсат будет сбегать прямо на образцы. **Совет:** Чтобы способствовать стеканию воды с проводов, вокруг кабельного жгута можно завязать шнурок. Конденсат будет стекать по шнурку.

5.2.2 Крепежные приспособления, помещаемые снаружи камеры В большинстве случаев внешняя установка представляет собой «объединительную плату». Конфигурация платы зависит от сложности системы сбора данных. Независимо от конфигурации, плата и кабели должны быть закреплены (неподвижны), для предотвращения трибоэлектрического эффекта, возникающего при движении. Если есть возможность, то плата должна быть помещена в клетку Фарадея, чтобы сократить электромагнитное воздействие и электрические помехи. Плата оснащена выводами, сопрягающимися с устройством ввода для сбора данных. Если используется мегаомметр с гнездом вывода для штекера с продольными подпружинивающими контактами, то подсоединение платы будет осуществляться через последовательность штекеров с продольными подпружинивающими контактами. В качестве альтернативы может быть использован торцевой соединитель, присоединяемый к торцевому разъему на коммутационной матрице. Для оптимизации системы, могут быть использованы несколько BNC (байонетных соединителей), присоединяемых в разъемы BNC на коммутационной матрице.

Естественно, качество изоляционного материала должно совместимо с системой. Пример: Если вся проводка в системе и внутренние крепежные приспособления изготовлены из PTFE, а кабели изолированы, то не имеет смысла все внешние устройства подключения изготавливать из полиэтилена, так как возможны утечки тока при использовании низкокачественного полиэтилена(слабая изоляция). В этом случае, возможно, будет проведено последовательное измерение сопротивления, несмотря на условия испытательной камеры. (т.е. вы измеряете не то, что вы думаете).

Основной материал изготовления крепежных приспособлений не важен, но он должен быть прочным. Рекомендуется использование анодированного алюминия (см. 5.2.1). При проектировании внешнего крепежа, важно, чтобы он располагался подальше от отверстия камеры. Должны быть приняты меры по размещению петли или изгиба и закупориванию отверстий камеры полиэтиленом с закрытыми порами. Данные меры помогут предотвратить влияние конденсата на получаемые измерения. Рекомендуется поместить пустой резервуар под петлей с внешней стороны.

5.3 Конструкция и конфигурация камеры Существует много факторов, связанных с конструкцией камеры, которые оказывают воздействие на уровни поверхностного сопротивления изоляции, изменчивость показаний и предрасположенность к конденсации воды:

- ***Изоляция стенок*** – Величина изоляции на внутреннем рабочем пространстве может влиять на стабильность условий проведения испытания. Слабая изоляция служит поводом применению повышенной мощности для регулировки температуры, могут также образоваться участки недогрева, что приведет к конденсации воды (капель). Если на внутренней стенке образуется протечка, то, в общем, изоляция способна удержать большой объем воды, создавая при этом условия для появления коррозии и дальнейшего ухудшения изоляционных свойств.
- ***Нержавеющая сталь*** – Все внутренние поверхности должны быть изготовлены из нержавеющей стали, не из пластика. С течением времени может образоваться окалина и ржавчина. В этом случае сталь должна быть очищена, секции должны быть репассивированы при помощи бурового дыма азотной кислоты. Такая техника называется электрополировка.
- ***Свойства потока воздуха*** – На показания может оказывать влияние направление потока воздуха: сверху вниз, из стороны в сторону, поток, изменяющий свое направление, неизменяющий направления, поток высокой или низкой скорости. Лучший метод – это использование хорошо меняющего свое направление и хорошо циркулирующего потока. Вариант прохождения воздуха от задней стенки к передней не рекомендуется. Поток воздуха, проходящий от задней стенки к передней, допускает образование конденсата на дверце камеры и может сдуть капли конденсата на детали.
- ***Крепеж*** – Крепежные приспособления должны удерживать тестовые образцы параллельно потоку проходящего воздуха, и не должны быть значительной помехой прохождению воздуха.
- ***Измерения температуры и влажности*** – Существует большое разнообразие механизмов измерения температуры и относительной влажности внутри камеры. Точность данных измерений зависит от погрешностей изготовления и регулировки температуры внутри камеры (см.5.4).
- ***Методы парообразования*** – два главных метода парообразования – это погружные нагреватели внутри резервуара камеры и погружные нагреватели во внешнем резервуаре, из которого затем пар попадает в камеру. Из данных двух

методов предпочтительным является вариант с внутренним погружным нагревателем. Метод подачи пара в камеру часто вызывает нежелательнее образование конденсата на деталях и неравномерное распределение влажности.

- ***Размер отверстия камеры*** – Размер отверстия может ограничивать количество электрических соединений (размер пучка кабелей), выведенных наружу. Но отверстия меньшего размера легче герметизировать.
- ***Рабочее пространство*** – определяет количество образцов, тестируемых одновременно и ожидаемую степень регулирования. Малое рабочее пространство камеры легче контролируется, условия проведения испытаний более постоянны, чем камеры с дверцей.

5.4 Проверка и калибровка системы Всегда предусмотрительным является предварительная проверка системы поверхностного сопротивления изоляции перед проведением испытания. Система проверки относится и к системе сбора данных, и прибору измерения SIR, и к самой камере.

5.4.1 Камера для проведения проверки SIR
Доскональная оценка характеристик камеры, включая соотнесение измерений с требованиями Международной системы единиц, лежит за рамками задач данного документа. Читатель отсылается к «Руководству по вычислению эксплуатационных качеств камер искусственного климата», опубликованному Обществом специалистов по моделированию условий эксплуатации (**www.environmental.org.uk**)

Однако, здесь важно осветить несколько современный уровень развития технологии создания камер на данный момент.
1) Технические характеристики зависят от следующих условий:

а) качества регулятора
б) парообразования
в) герметичности
г) изоляции
д) конфигурации, размещения элементов управления
е) окружающей среды

2) При оценке технических характеристик камеры относительно влажности, общепризнанным считается, что содержание водяного пара в воздухе камеры является равномерным. Это не означает, что относительная влажность также одна и та же. Напротив, известная малая разница температур, существующая во всех камерах, фактически подтверждает наличие большой разницы в относительной влажности. Это дьявольская сущность. И поэтому становится трудно определить, действует ли система в рамках методологии.
3) Если доступна такая роскошь, как новая камера или регулятор, следующие советы помогут в калибровке камеры, а, следовательно, и в проверке на наиболее полное соответствие требованиям методов испытаний:

а) Выберите регулятор, предназначенный для осуществления контроля камер проведения испытаний на температуру \ влажность:

1) Микропроцессор на основе пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования (ПИД-регулятор)

2) Входное устройство
- Температура
- Влажность

3) Выходное устройство
- Нагрев
- Охлаждение
- Увлажнение
- Осушение

4) Для конфигураций наиболее усовершенствованных камер \ регуляторов применяется пропорциональное осушение.

б) Выберете регулятор, в котором измерение температуры осуществляется посредством платинового терморезистора. Лучше если данный входной сигнал будет передаваться на записывающее устройство, чем использовать отдельный датчик рекордера. Дублирование считывания будет превышать ограничение регулировки.

в) Самый сложный аспект – это метод измерения влажности. На момент составления данного документа существовало три возможных варианта:
- Психрометр (влажный \ сухой)
- Психрометр точки росы (также известный как «высокоточный») – охлажденное зеркало
- Эмкостный элемент датчик влажности (убедитесь в применении именно того, который разработан для высоких температур, измеряет влажность).

В основном, высокоточные психрометры считаются излишеством для камер, предназначенных для проведения проверки влажности и температуры при испытании SIR (T\H камера). Обычно они предназначаются для проработки стандартов, и не используются в качестве эксплуатационного оборудования. В T\H камерах широко используются влажные и сухие термометры и емкостные элементы, у тех и других есть свои плюсы и минусы. При надлежащем использовании оба компонента обладают большими возможностями. С давних времен использование влажного или сухого термометра считалось более верным, особенно при высоких температурах. Только недавно датчики емкостного элемента заполнили существующий пробел (необходимо убедиться, что регулятор поддерживает функцию компенсации температурных воздействий на датчик). В то время как фактическая разница в точности между двумя техниками еще не была широко известна или принята, емкостные элементы сумели завоевать большую популярность, благодаря их более близкому соответствию Международной системе единиц. Датчики \ средства электроники могут быть извлечены из камеры, и калибровка может быть проведена в двух основных режимах температуры \ давления – влажности, описанных в стандарте NCSL RISP-5. Дополнительно, периодические проверки (и даже калибровка) могут проводиться с датчиками с использованием растворов насыщенных солью.

Циклограмма работы камеры должна заранее прогоняться в течение одного цикла до использования на изделии. Во время всего цикла температура и влажность должны контролироваться. Если температурные колебания (+3°C) и отклонения показаний относительной влажности (+5% RH) велики, камеру необходимо перенастроить. Современные камеры оснащены цифровым регулятором. В основном, в таких регуляторах заложен набор исходных параметров, на которых основывается регулировка камеры. В руководствах по эксплуатации камер содержится информация об особых способах изменения данных исходных параметров для улучшения характеристик работы камеры.

Камеры, регулируемые микропроцессором, и современные диаграммные самописцы оснащены термопарами и терморезисторами, для измерения температуры и влажности. Такие термопары и терморезисторы должны быть периодически проверены (один раз квартал), чтобы быть уверенным в точности снимаемых показаний. Термопары или терморезисторы заменяются на новые каждые два года.

Состояние фитиля, используемого для смачивания материала влажного термометра, должно контролироваться. Если фитиль загрязниться, то материал фитиля будет смачиваться недостаточно. Фитиль должен меняться на новый раз в три месяца.

Для контролирования работы сухого или влажного термометра крайне рекомендуется использование отдельной термопары или платинового терморезистора. Данные приборы показывают правильность регулировки камеры и точность показаний диаграммных самописцев.

5.4.2 Система сбора данных

Система сбора данных должна быть протестирована, для гарантии точности получаемых показаний, как при нормальных температурах, так и проведении испытаний над элементами в условиях, превышающих норму. Рекомендуется использовать контрольную калибровочную плату, как на Рисунке 5-2. На калибровочной плате вместо тестовых элементов располагаются прецизионные резисторы с «известным значением». Диапазон в значениях данных резисторов от 10^{11} до $10^{13}\Omega$.

(см. в оригинале)

Рисунок 5-2 Пример контрольного калибровочного образца. (образец предоставлен Concoat System Limited).

Плата предназначена на проверки всех соединений и проводов в установке. Метод присоединения должен быть как можно более сходным к тестовому образцу. Если полученные значения измерений не совпадают с номинальным значением сопротивления прецизионного резистора, то возможно существует утечка в кабеле или сканирующей карте.

Полезным упражнением будет определение, какие утечки в кабелях и разъемах произошли при условиях, превышающих норму (только температура). Все поставляемые прецизионные резисторы могут обладать температурным коэффициентом, соответствующим данному резистору. Каждую жилу провода следует проверить при помощи контрольной калибровочной платы при предлагаемой температуре, превышающей норму, а также при нормальных условиях. Величины сопротивления будут скорректированы с учетом температуры. Эта работа по определение параметров может показать каков будет размер утечки от температурного влияния. Если значение избыточное, то необходимо рассмотреть другие виды связи с тестовым образцом.

Не рекомендуется проводить высокотемпературное определение параметров при условиях влажности, превышающих норму, если прецизионные калибровочные резисторы не герметизированы. А в большинстве случаев резисторы не герметичны. Предполагается, что влажность, проникающая в корпус резистора, значительно повлияет на сопротивление. Если все же используется этот метод, рекомендуется в качестве основного материала калибровочной платы использовать политетрафторэтилен (PTFE). Большинство экспертов согласны, что калибровки кабелей и разъемов, проводимой при нормальных условиях, достаточно.

5.4.3 Средства проведения испытаний Убедитесь, что достаточно бумаги для всех участвующих в испытании систем, таких как диаграммный самописец, регистратор данных и т.д. Убедитесь, что нет причин для заедания бумаги, и в наличии есть ручки, чернила, и копировальная лента и т.д. Убедитесь в достаточности свободного места (плюс запас надежности) для записи определенного количества файлов с данными, если показания записываются на магнитный носитель. На это часто не обращают внимания.

Управление автоматическими системами будет осуществляться при помощи компьютера, но важно быть уверенным в достаточности свободного места на выбранном накопителе, так как система должна быть способна вместить свыше 200 000 измерений за 7-дневный период проведения испытания.

5.4.4 Источники питания Если аппаратура запитана от системы бесперебойного электропитания (УПС), перед проведением испытания убедитесь в том, что батареи полностью заряжены.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ И ЕГО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ

Из-за влияния многих факторов на проведение проверки поверхностного сопротивления изоляции, таких как нечеткая формулировка методов испытания и разнообразия оборудования для проведения испытаний, само испытание стало крайне зависимым от используемой оператором техники. Следующие описания испытаний даны в помощь лицам, проводящим проверку SIR, для изучения существующих технологий.

6.1 Важные комментарии по подготовке основания печатной платы

а) ***Характеристика процесса*** – Если было проведено испытание на определение характеристик процесса, детально описанное в IPC-TM-650, метод 2.6.3.7. или IEC 61189-5, метод 5E02, то важно, чтобы испытательный образец был изготовлен и прошел обработку полностью параллельно с запланированными процессами изготовления собранного печатного узла.

Ни предварительная очистка, ни любая другая проверка образца, перечисленная ниже и требующая особых условий, не должна проводиться.

б) ***Характеристика материала*** – Если проверка поверхностного сопротивления изоляции проводится для определения характеристик материалов, таких как долговечный трафарет для нанесения припоя, припойный флюс и т.д., тогда важным является отсутствие посторонних примесей, которые могут подвергать проведение испытания риску.
При проведении большинства проверок SIR желательным является изучение особых процессов и подвидов процессов. Для осуществления задачи необходимо исключить внешние влияния (см. также 3.4.1).

В основном предварительная очистка печатного узла рекомендуют проводить до подвергания платы вероятному процессу изготовления. Предварительная очистка может быть частью метода очистки или 10-минутной проверкой на приборе проверки ионной чистоты. Некоторые документы по квалификации процессов (например, J-STD-001) требуют проведения предварительной очистки оснований тестовых образцов, если они содержат меньше 1,0 микрограмм NaCl на квадратный дюйм. Это требование кажется справедливым.

6.1.1 Маркировка испытательных образцов Существует много способов маркировки образцов для проведения проверки SIR, не влияющих на результаты испытаний. Идентификационные знаки должны быть на каждом основании тестовой платы. Это не только помогает при визуальном осмотре после проведения проверки SIR, но и позволяет идентифицировать материал основания на печатной плате много позже проведения проверки поверхностного сопротивления изоляции.

Принятые методы маркировки:

- ***Несмываемые чернила*** – используется на участке тестового образца, сильно удаленном от тестовой схемы (например, задняя поверхность)
- ***Виброгравировка*** – выполняется на металлическом участке, таком как «земляной» слой платы или ID квадратном участке из меди (например, на тестовой плате IPC-B-24). Если такая идентификация размещается на участке пайки волной припоя, то, скорее всего, гравировка будет полностью закрыта.
- ***Эпоксидные чернила*** – вероятно, лучшее решение. Чернила должны быть нанесены на участок, удаленный от тестовой схемы, смола полностью затвердевает.
- ***Наклейки*** – Хотя они и используются, но все наклейки содержат хлор и могут выпускать газы. Наклейки, наклеенные на схему SIR, приведут к провалу испытания.

Маркировка на образцах должна включать следующий минимум информации:

	Пример
• Номер проекта	Проект RJ-07
• Заказчик	WhozDare Corp.
• Дата испытания	7/31/07
• ID процесса	4
• Номер образца	36
• Тестовый метод	IPC/IEC/OBE
• Проверяемый материал	Beta Metals 837A-R, флюс с содержанием примесей

Иногда платы, с которыми проводится проверка SIR, хранятся в пластиковых мешках. Допускает размещение большинства перечисленных выше маркировок на мешках, при условии, что на самой плате указывается сокращенный идентификационный код.

6.2 Контрольная группа тестовых образцов
Практически во всех испытаниях уровни поверхностного сопротивления изоляции сравниваются либо с каким-то абсолютным значением, как, например, 500 мегаом, либо относительно какой-то другой группы показаний. Использование контрольной группы позволяет лицу, проводящему проверку SIR, сравнить показатели целевой группы с «известным» или «начальным» значением. В большинстве случаев, контрольная группа проходит такую же подготовку что и остальные тестовые образцы, за исключением одной или более производственных операций.

Пример: Группа медных тестовых плат 15 IPC-B-36 без покрытия были изготовлены и предварительно очищены от производственных осадков. Из группы, в качестве контрольных, были выбраны три тестовые платы. Остальные двенадцать были обработаны флюсом и была проведена пайка волной припоя. Проверка поверхностного сопротивления изоляции была проведена на всех 15 палатах, и полученные технические характеристики паянных плат были сравнены с показателями контрольной группы для оценки эффекта обработки флюсом и пайки волной припоя.

Если назначение испытания изучить условия нескольких процессов, нет необходимости создавать новую контрольную группу для каждого условия. Цель контрольной группы – формирование базовых начальных условий для основания печатных плат. Для этого вполне достаточно одного набора печатных плат, если только были использованы не радикально разные комплекты материалов. Формирование базовых показателей крайне рекомендовано при оценке любого материала для сравнения с прочими группами.

Статистику может показаться размер образцов в примере, приведенном выше, слишком малым для точной оценки. В лучшем случае, во всех группах должно быть достаточно образцов, гарантирующих то, что они отображают характерные черты проводимого процесса. Это подразумевает использование статистического размера образца, основываясь на степени оцениваемого риска. Размеры образцов, превышающих 20 кажутся более статистическими, но могут требовать больших затрат на проведение испытания с использованием тестовой матрицы большого размера. Чем меньше размер образца, тем меньше должно быть отклонение от стандарта, для получения обоснованного вывода.

6.3 Предъиспытательные проверки Успех проверки SIR часто зависит от проведения различных проверок оборудования, и может разительно сократиться из-за перебоев в работе \ отказов во время испытания.
Основное предупреждение – Конфигурации камер крайне разнообразны. Все нижеприведенные рекомендации должны рассматриваться по принципу «подходит ли к вашей камере».

6.3.1 Камера Камера для проведения T\H проверки является главной частью любого испытания на SIR, но в то же время одним из наиболее игнорируемых элементов оборудования в промышленности. Если при проведении ускоренной проверки на старение следующие друг за другом недели будут приниматься за годы, то камера «состарится» на 25 лет. Регулярное обслуживание увеличит срок службы камеры и сократить число испытаний испорченных из-за поломки камеры. Следующие предиспытательные проверки должны проводиться перед каждым испытанием:

- Если профилактическое обслуживание камеры не проводилось за последние шесть месяцев, необходимо тот час же его провести. Приведите в порядок график профилактического обслуживания и придерживайтесь его.
- Для камер, регулируемых вручную, включите питание и проверьте все приборы измерения мощности. Переведите рычаг управления в режим более высокой температуры и влажности. Если показатели приборов измерения мощности не поднимаются от 0% до 100%, в этом случае необходимо провести перенастройку.
- Для камер, регулируемых микропроцессором, время прогревания необходимое для стабилизации электроники должно составлять минимум 15 минут. Нагреватели и компрессоры не должны включаться во время прогревания.
- Очистите внутренние поверхности камеры с помощью тампонов и раствора изопропанола и деионизированной воды.
- Если цвет содержимого в емкости влажного термометра изменился (пожелтел или стал коричневым) или содержимое затвердело, то необходимо заменить емкость на новую.
- Осушите резервуар(ы) камеры и емкость с фитилем и наполните их свежей DI водой.
- Проверьте мотор воздуходувки, чтобы убедиться, что все работает. Если мотор воздуходувки начинает издавать шумы отличные от равномерного жужжания, это значит, что подшипники вышли из строя, и вскоре необходимо провести профилактическое обслуживание.
- Вставьте новую бумажную ленту в диаграммный самописец. Проверьте пишущие элементы, чтобы убедиться, что их не нужно менять.
- Проверьте герметичность дверцы. Обратите внимание, некоторые производители камер не рекомендуют герметизировать дверцы, так как это может вызвать внутренне давление, превышающее атмосферное. Это повлияет на регулируемость камеры. В таких случаях для герметизации дверцы применяют пенорезину, что сохранит большую часть влаги внутри, при этом позволяя давлению выровняться.
- Проверьте поплавковые клапаны. Надавите на них, чтобы убедиться, что они функционируют.
- Проверьте каналы для кондиционирования воздуха на отсутствие потоков воздуха, направленных на поверхность камеры (три фута от потолка или боковых стенок камеры).
- Отключив питание камеры при помощи выключателя на стене, используйте цифровой мультиметр для проверки всех предохранителей. Замените, если нужно.
- Подключите питание камеры. Проверьте смотровое стекло охлаждающей жидкости на наличие воздушных пузырьков. Если пузырьки видны, возможно, в компрессорной установке недостаточно хладагента. Отключите питание камеры и поверьте заряд системы.
- Запасные предохранители храните вместе с камерой. Предохранители имеют тенденцию выходить из строя в самый неподходящий момент, и они не всегда есть в наличии в ближайшем магазине бытовой техники.
- Если появляются пятна ржавчины (коррозия), необходимо немедленно обратить на них внимание. На нержавеющей стали ржавчина распространится быстро и вскоре покроет всю камеру. Ржавчину необходимо удалить, а поверхность репассивировать при помощи бурого дыма азотной кислоты с последующим тщательным споласкиванием. Это опасный технологический процесс, должен выполняться только квалифицированным гальванотехником. Этот технологический процесс носит название электрополировка.
- Установите в камере сигнализационные температурные датчики, чтобы избежать повреждения тестовых образцов, вызванного высокими температурами. Режим высоких температур обычно выставляется на основе настроек старых камер и подлежит регулировки микропроцессором. Температура должна быть выставлена приблизительно на 10 градусов выше, чем самая высокая температура, запланированная для проведения испытания.
- Для новых систем установите сигнализационные датчики минимальных и максимальных значений. Такие датчики устанавливаются для разнообразных параметров управления: сухой термометр, влажный термометр, перенапряжение, уровни влажности, и т.д. Значения, выбранные в качестве контрольных параметров, будут зависеть от загруженности камеры. Камеру с содержащими внутри несколькими маленькими образцами будет легче контролировать, чем камеру, полностью заполненную запитанными образцами. Диапазон регулирования каждого заданного значения должен выбираться соответственно. Для сухого термометра рекомендуется выставить номинальное значение в 5 градусов.
- Перед началом любого испытания необходимо провести проверку электрики системы. Это может быть простая проверка целостности цепи или испытание высоким напряжением для того, чтобы убедиться в электрическом подсоединении и хорошей электрической изоляции, соответственно. Измерительные приборы и прочее электрическое оборудование также должно быть проверено на надежное функционирование.
- Проверить на функционирование электрические блокирующие устройства.
- Если крепежные устройства камеры оснащены контактными датчиками, очистите места контакта изопропанолом и водой.
- Проверьте провода и электрические крепежные устройства на износ и старение. Если необходимо, замените. Оценка проводки может быть проведена при помощи печатной платы с прецизионными резисторами с высоким значением (100 000 мегаом).

6.3.2 Тестовые образцы Тестовые образцы для проведения проверки SIR обычно проходят подготовку в отдельном от лаборатории проведения проверки поверхностного сопротивления изоляции месте, и технологическая обработка образцов проводится не лицом, ответственным за проверку SIR. В таких случаях необходимо провести следующие процедуры при подготовке образцов к проверке поверхностного сопротивления изоляции.

- Все действия с образцами должны производиться в перчатках, и если необходимо, образцы должны помещаться на чистую поверхность. Для этого хорошо подойдут чистые мешки фирмы Kapak© или обезжиренная алюминиевая фольга. Это делается для того, чтобы избежать внешнего загрязнения материала основания тестового образца. При помощи цифрового мультиметра (DMM) проверьте целостность электрической цепи относительно тех элементов, которые должны быть электрически изолированы. К большинству тестовых печатных плат, используемых для проведения проверки SIR, применяет волновая пайка, поэтому припой может образовывать перемычки. Если они образовались, их необходимо удалить при помощи вакуумного приспособления для снятия припоя и при минимальном нагреве. Не следует использовать фитиль при наложении припоя, так как он оставляет осадок флюса. Если образовалось несколько перемычек, то способность снимать показания проверки SIR снижается с увеличением времени, затрачиваемого на технологические процессы удаления припоя. По практическому методу, тестовый элемент не используется, если он содержит более трех припойных перемычек, которые необходимо снять.
- Если компоненты были установлены на участки тестовых элементов, убедитесь, что это на самом деле макеты устройств, а не забракованные компоненты, влияние которых неблаготворно отразиться на снимаемых показаниях и результатах.
- Если используется проводная система, в которой электрические подсоединения осуществляются методом припайки проводов к контактным штырям, то необходимо убедиться, что капли флюса не попали на элементы, с которыми проводится испытание. Рекомендуется закрыть всю поверхность печатной платы за исключением паяемых контактных штырей. Для этого подойдет обезжиренная алюминиевая фольга. Для выполнения этой операции предпочтительным считается проволочный припой с использованием флюса с малым содержанием осадка. Цель – исключить появление какого-либо загрязнения тестируемых элементов от пайки.
- При проверке проводной системы, если система сбора данных или крепежная система не оснащена токоограничивающими резисторами для каждого тестируемого элемента, такие резисторы должны быть добавлены. Минимальное значение должно составлять 100 килоом, а максимальное – два мегаом. Данные резисторы катастрофически ограничивают количество тока, проходящего через какой-либо тестовый элемент, тем самым предотвращая страдания всех остальных элементов от «электрического голода».
- Письменно зафиксируйте всю возможную информацию о состоянии платы перед началом проведения испытания, включая такие моменты как изменение цвета, плохо припаянные участки, остатки флюса, серийные номера, и т.д. Во многих проверках поверхностного сопротивления изоляции после проведения теста проводится соответствующий визуальный осмотр. Важно знать, существовало ли ранее изменение, выявленное при визуальном осмотре.
- Зафиксируйте размещение крепежных устройств, назначения проводов и т.д.

6.3.3 Выбор образцов и их размещение В случае с платами больших размеров, не все тестовые образцы могут быть проверены на поверхностное сопротивление изоляции одновременно, из-за ограничений мест крепежа, рабочего пространства камеры и т.д. Естественно возник вопрос о практичности разделения тестовых образцов на группы. Рекомендуемый метод заключается в разделении тестовых групп на равные части в соответствии с числом прогонов тестовой программы.

Пример: Если есть 10 образцов типа А и 10 образцов типа Б, одновременно можно провести испытания только 10 образцов, то первый прогон тестовой программы будет включать пять образцов А и пять образцов Б. Прогон программы №2 будет состоять из оставшихся 10 образцов. Также рекомендует выборочно размещать образцы в камере. Внутри камеры в ряду, состоящем из 10 установочных мест (используйте вышеприведенный пример), пронумерованных от 1 до 10, нежелательно размещать образцы следующим образом: А А А А А Б Б Б Б Б. Если внутри камеры есть один участок, на котором велика вероятность появления конденсата, то число неудовлетворяющих техническим требованиям образцов А и Б будет непропорциональным. Выборочное распределение образцов внутри камеры поможет оградиться от недостатков камеры или места размещения образца. Могут быть использованы электронные таблицы Excel компании Microsoft®, оснащенные функцией выборочного распределения. Иначе для этой же цели подойдет перетасовка групп печатных плат.

Другой вариант – распределить платы, подвергаемые одному и тому же воздействию, равномерно по всему пространству камеры. Главная задача – избежать группирования всех тестовых образцов, подвергаемых одному и тому же воздействию, в одной и той же области камеры.

6.3.3.1 Размещение образцов внутри камеры Размещение тестовых образцов и крепежных установок может влиять как на снимаемые показания, так и на уровень регулируемости режимов внутри камеры. Необходимо принять во внимание следующие моменты.

- При помещении образцов внутрь камеры убедитесь, что все оборудование, способное произвести электрический разряд, ОТКЛЮЧЕНО. Если это испытание проводится при высоком напряжении, случайно может возникнуть смертельно опасный уровень электрического тока.
- Размещайте образцы вертикально, чтобы минимизировать воздействие капель на поверхность платы.
- Определите местоположение образца, чтобы сократить сопротивление воздушному потоку и увеличить теплообмен.
- Не прислоняйте образцы к стенкам камеры и не допускайте соприкосновение образцов друг с другом.

- Образцы должны размещаться на уровне, равном или превышающем уровень размещения емкости сухого термометра. Но это возможно не для всех конфигураций тестовых камер.
- Образцы должны размещаться под так называемым «навесом от дождя» или защитным экраном, сокращающим возможность попадания капель конденсата на детали. Помните, что капли воды могут быть сдуты вентилятором для циркуляции воздуха, следовательно, защитный экран также сможет защитить образцы от капель воды, сдутых с дверцы или стенок камеры.
- Не используйте клейкие вещества, или изделия, выделяющие газы, например этикетки на оборудовании.

6.4 Начало испытания После того как были проведены необходимые предварительные проверки камеры, была осмотрена система сбора данных и крепежная установка, а также после того как все образцы были размещены внутри камеры, испытание готово к проведению. Разнообразные технологические процессы используются для создания необходимых образцам условий и воздействия на них повышенной температурой и влажностью. Достоинства и осуществимость данных процессов продолжают обсуждаться и являются спорными. Нижеприведенные рекомендации не вытеснять существующих технических требований к проведению испытаний.

- Тестовые образцы должны оставаться внутри камеры при 25°C и 50% RH в течении двух часов до снятия первоначальных показаний. Согласно многим спецификациям первоначальные показания должны сниматься при условиях окружающей среды; однако, условия одной окружающей среды сильно отличаются от другой, а одно время проведения испытаний от другого.
- Условия окружающей среды внутри камеры могут изменяться на условия, превышающие норму, несколькими способами. Целью является увеличение температуры и влажности без формирования конденсата на тестируемых образцах. Данный конденсат образуется, если образец был сравнительно холоднее, чем окружающий его насыщенный влагой воздух. Образцы с большой тепловой массой могут быть особенно восприимчивыми. Самый действенный способ осуществления изменения – сначала повысить сухую температуру до значения, превышающего норму, и, когда условия в камере придут к равновесию с данной температурой, повысить влажную температуру для увеличения влажности. Рекомендуемое время для выравнивания сухой температуры один час. При отдельном изменении температуры (по показаниям сухого термометра) и влажности (по показаниям влажного термометра) снижают вероятность образования конденсата на образцах.

  Если, согласно требованию тестового метода, изменения условий с нормальных на условия, превышающие норму, должны происходить синхронно, то решающим становится вопрос регулировки камеры. Старые камеры могут быть не оснащены необходимой системой регулировки и могут требовать микропроцессор с пропорционально-интегральным-дифференциальным регулированием. Формирование конденсата можно избежать разбив процесс изменения условий на малые сегменты, что позволит улучшить регулируемость влажной и сухой температуры. Большинство камер с микропроцессорным регулированием оснащены необходимой для предотвращения образования конденсата системой регулировки. Более ранние камеры или камеры, в которых используется парогенератор, должны содержать что-то вроде разделительной перегородки между паровпускным клапаном и тестовыми элементами, для того, чтобы выпускаемый пар не попадал непосредственно на тестовые элементы.
- Если для проведения теста требуется использование неизмеренное напряжение смещения, то применить его необходимо либо вначале увеличения температуры, либо после стабилизации условий внутри камеры. Самый надежный способ – подождать пока камера стабилизируется относительно условий, превышающих норму, так как данный подход снижает вероятность попадания воды на электризованный тестовый элемент и образование разряда.

6.5 Наблюдение за испытательной камерой Некоторые современные средства проверки поверхностного сопротивления изоляции позволяют заложить систему наблюдения за камерой в программное обеспечение для измерения характеристик. Данное программное обеспечение оснащено аудио-визуальной тревогой, извещающей оператора испытания о том, что режим превысил заложенные параметры.

В противном случае, периодически проводимая проверка камеры во время проведения теста, также поможет оператору определить, что что-то неисправно:

- Диаграммный самописец камеры нужно осматривать каждый день, чтобы убедиться, что камера работала исправно в неконтролируемые часы. Проверьте температурные дрейфы.
- Проверьте температуру и влажность, выставляемую микропроцессором. Согласуются ли они друг с другом? Если нет, то, видимо, из строя вышла термоэлектродная проволока в одном из регулирующих механизмов.
- Убедитесь, что в расходном сосуде достаточно воды для завершения испытания, особенно в преддверии выходных или времени летних отпусков.
- Осмотрите видимую часть компрессора на наличие пузырьков, указывающих на недостаток хладагента. К счастью, уровень хладагента можно пополнить, не останавливая при этом проведение испытания на SIR.
- Проверьте герметичность всей установки.
- Проверьте емкости для сбора воды, стекающей с проводов.
- Если на внутренней дверце камеры имеется смотровое окошко, осмотрите стенки и потолок внутреннего пространства камеры на наличие капель конденсата.
- Многие камеры оснащены системой двойной двери; внутренняя дверь герметично закрывает рабочее пространство, а внешняя дверь изолирует внутреннюю от условий окружающей среды лаборатории. Такая предосторожность делает внутреннюю дверь менее подверженной конденсации. В рабочем состоянии камеры, пар будет выходить через уплотнитель внутренней двери и собираться перед внешней дверью. Единственный выход для избежания этой

проблемы – либо сделать выпускное отверстие с соответствующим отвесом, либо разметить на пороге внешней двери рукав и опустить его в емкость. Конденсат по рукаву будет стекать в емкость.

- Если регистрацию промежуточных показателей SIR, выполняемую аппаратурой, можно просмотреть (распечатка), то необходимо ежедневно убеждаться в том, что сбоя в работе не произошло (отказ питания камеры вызовет образование излишек воды, что приведет к низким характеристикам поверхностного сопротивления изоляции).
- Процесс понижения температуры и влажности при испытании должен проходить также как и процесс повышения только в обратном порядке. Необходимо отключить напряжение смещения, влажность понизится и затем понизится температура. Напряжение не должно применяться во время процесса понижения до конца испытания, если только это действие не является частью тестового метода.

6.6 Действия после проведения испытания По завершению проверки SIR следующие действия должны быть выполнены:

- Отключить средства подачи питания для генерации напряжения смещения.
- Вынуть тестовые образцы из камеры и разложить по индивидуальным пластиковым мешкам или завернуть каждый в чистую алюминиевую фольгу.
- Когда это будет удобно, осмотреть образцы на наличие признаков электромиграции, электрохимической коррозии или мест отклеивания конформного покрытия (если применялось). Общий осмотр должен проводиться невооруженным взглядом. Осмотр электрохимической миграции должен проводиться при увеличении в 7-10X, относительно 30X. Электрохимическую миграцию легче обнаружить, если источник света разместить с обратной стороны печатной платы (задняя подсветка). Все признаки деградации должны быть задокументированы и состояние платы сравнено с состоянием до проведения испытания.
- Слить воду из резервуара камеры.
- Слить воду из емкости с фитилем.
- Осмотреть камеру на предмет наличия ржавчины или другой коррозии. Очистить и обработать любое место с обнаруженной ржавчиной при помощи бурого дыма азотной кислоты.

6.7 Пример анализа полученных данных Ниже приведен пример испытания на SIR, включая распределение проводов, схематику и обработку данных, но это не единственный способ анализа данных; существуют также хорошие статистические методы, которые лучше, но менее понятны людям, плохо разбирающимся в статистике.

На Рисунке 6-1 приведен пример полученных автоматической системой данных после проведения испытания:

(см. в оригинале)

Рисунок 6-1 Данные, полученные автоматической системой после проведения испытания.

В испытаниях, проведенных на двух IEC тестовых образцах печатной платы TB-46B, изображенной на Рисунке 6-2, каждая линия представляет собой показания, снятые с отдельных тестовых элементов. Тестовые образцы были обработаны следующим образом:

Образец №1: Медь, трафарет для нанесения припоя и конформное покрытие.

Образец №2: Никель-золото, трафарет для нанесения припоя и конформное покрытие.

Любопытно, что NiAu покрытие поверхности дает результаты хуже, чем простое медное покрытие, используемое в образце №1.

(см. в оригинале)

Рисунок 6-2 Тестовая печатная плата TB-46B, разработанная NPL.

Из этого был сделан вывод о возникновении отрицательной реакции Образца №2 на конформное покрытие.

Результаты в каждом случае были неудовлетворительными, что говорило о необходимости оценки альтернативных материалов обработки.

Ссылка 20 пункта 10.1 содержит информацию о новом, более показательном методе проведения проверки SIR, способном подтвердить надежность наиболее приемлемого с точки зрения окружающей среды процесса изготовления печатных плат.

Рассмотрим способ проверки поверхностного сопротивления изоляции, приведенный в Приложении B стандарта J-STD-001D. Данная проверка используется для квалификации процесса изготовления с использованием флюса не на основе смолы. В качестве доказательства, задача – провести квалификацию водорастворимой паяльной пасты (пайка ИК оплавлением) и водорастворимого флюса (пайка волной) на комплекте тестовых образцов IPC-B-36, испытания которых будут проводиться в соответствии с Методом 2.6.3.3A стандарта IPC-TM-650. Это семидневная проверка, проводимая при 85°C и 85% RH. Применяется напряжение смещения (-50 VDC(вольт постоянного тока)) ко всем тестируемым элементам, даже когда показания не снимаются. В процессе испытания сопротивление измеряется в пяти точках.

Более детальное описание платы IPC-B-36 содержится в Приложении B.

Присоединение к тестовым элементам осуществляется по средствам контактных пальцев в нижней части платы. Каждый контактный палец, предназначенный для измерений, имеет обозначение, напечатанное сверху, например E1, M1, E2, M2, и т.д. Все неиспользуемые пальцы заземляются. E1 представляет сторону высокого напряжения тестируемого элемента №1, элемента гребенчатой структуры в секторе D. M1 представляет сторону низкого напряжения элемента №1. Аналогичным образом размечены пальцы от E2-M2 до E10-M10.

Обратите внимание, что любой и все точки E изолированы от любой и всех точек M и между ними располагаются предохранительные линии, которые во время проведения

испытания заземляются. Это хороший образец платы для проведения проверки SIR.

Фактически измерения осуществляются либо фиксацией (припайкой) проводов к контактным пальцам (площадкам) или размещением платы на торцевом соединителе по разработанной схеме расположения выводов. Способ фиксации годится больше для снятия отдельных показаний (из-за трудоемкости) при помощи мегаометра. А торцевой соединитель больше подходит для использования при автоматическом сканировании, хотя при желании оба варианта крепежа можно подогнать под автоматическое сканирование данных.

Согласно методу 2.6.3.3А стандарта IPC-TM-650 измерения проводятся первоначально в состоянии условий окружающей среды, затем по прошествии 24 часов, 96 часов и 128 часов в условиях, превышающих норму. Окончательный набор измерений снимают в условиях окружающей среды после проведения испытания.

Отдельные показатели могут быть записаны в различных форматах, в зависимости от используемого оборудования. Некоторые приборы считывают уровень сопротивления напрямую, и, следовательно, показатели будут в омах. В некоторых установках используется источник, подающий напряжение, и электрометр, работающий в чувствительном режиме измерения получаемого в результате тока в амперах. В этом случае, показатели будут в некоторой части в амперах (например, в пикоамперах) и значит необходимо преобразовать их единицы измерения сопротивления, поделив напряжение возбуждения (в нашем случае 100 В постоянного тока) на замеряемый ток. Пример:

$$\frac{100VDC}{1x10^{-10}A} = 1.0E+12\ Ом = 1\ Т\ Ом$$

Пример страницы с данными может быть следующим:

Стандарт J-STD-001 требует визуального осмотра каждого тестируемого элемента на наличие признаков коррозии, миграции металла и каких-либо других вредных воздействий. По этой причине в таблицу с правой стороны добавлена колонка, озаглавленная «визуальный осмотр». В этом случае сокращение HFR означает тяжелый осадок флюса. Сокращение GR означает Зеленый Осадок.

J-STD-001 требует, чтобы все измерения сопротивления, превышали 100 мегаом (1E+08 ом) для всех измерений, снимаемых по прошествию 96 часов и позже. Первоначальные измерения и измерения, снимаемые по истечению 24 часов, но не являются необходимой частью подтверждения критерия годности. Окончательное измерение должно превышать 500 мегаом (5E+08 ом), при этом не должно возникать признаков коррозии или миграции металла. При использовании данных стандартов многие процессы будут негодны. Большинство отдельных значений будут ниже 100 мегаом при условиях, превышающих норму, а при окончательном этапе многие значения будут ниже 500 мегаом, а также на многих тестируемых элементах будет обнаружена коррозия.

Гипотетический процесс испытания, описанный выше, включал и операции с паяльной пастой и жидким флюсом. На встречно-штыревых контактных площадках в квадрантах D и C (элементы 2 и 4, соответственно) будет виден эффект осадка паяльной пасты, тогда как на элементах гребневой структуры (элементы 1, 3, 5 и 8) будут видны эффекты пайки волной припоя.

Номер платы	Номер элемента	Тип элемента	Начальные (окр. среда)	24 часа (85\85)	96 часов (85\85)	168 часов (85\85)	Окончательные (окр. среда)	Визуальный осмотр
A11	1	Греб. – D	1.3E+08	6.0E+06	4.9E+06	4.4E+06	2.1E+09	HFR, GR
A11	2	Площ. – D	9.7E+09	2.2E+07	2.3E+07	2.8E+07	1.6E+10	HFR
A11	3	Греб. – C	8.5E+11	1.0E+07	1.0E+07	1.4E+07	1.3E+09	
A11	4	Площ. - C	3.1E+13	8.3E+07	5.2E+07	8.4E+07	5.8E+10	
A11	5	Греб. – A	2.0E+06	3.0E+06	2.0E+06	2.0E+06	2.0E+06	HFR
A11	6	Внут. пер. - A	2.7E+08	2.1E+06	1.3E+07	2.1E+06	2.5E+08	HFR
A11	7	Внеш. пер.- A	6.7E+12	1.2E+08	9.8E+07	1.2E+08	9.8E+09	
A11	8	Греб. – B	1.6E+12	9.0E+06	1.1E+07	1.6E+07	1.2E+09	
A11	9	Внут. пер. - B	1.3E+13	9.8E+07	7.9E+07	9.4E+07	7.9E+09	
A11	10	Внеш. пер.- B	1.0E+13	1.3E+08	1.2E+08	1.4E+08	1.1E+10	
A12	1	Греб. – D	8.7E+08	2.0E+06	5.1E+06	6.6E+06	1.6E+09	HFR, GR
A12	2	Площ. – D	2.3E+09	3.4E+07	4.2E+07	5.6E+07	6.1E+10	HFR
A12	3	Греб. – C	7.5E+11	1.2E+07	1.0E+07	1.6E+07	1.5E+09	
A12	4	Площ. - C	3.9E+12	2.4E+08	1.4E+08	1.6E+08	1.2E+12	
A12	5	Греб. – A	7.0E+06	4.4E+06	2.0E+06	2.0E+06	2.0E+06	HFR
A12	6	Внут. пер. - A	1.5E+08	7.4E+06	2.1E+06	1.3E+07	7.7E+10	HFR
A12	7	Внеш. пер.- A	9.5E+11	1.9E+08	1.1E+08	1.4E+08	8.7E+09	
A12	8	Греб. – B	8.2E+11	1.2E+07	1.0E+07	1.6E+07	8.5E+08	
A12	9	Внут. пер. - B	4.8E+11	1.1E+08	6.8E+07	1.1E+08	5.2E+09	
A12	10	Внеш. пер.- B	6.8E+11	1.5E+08	1.2E+08	1.9E+08	2.7E+10	

и.т.д.									

6.8 Обработка «неправильных» данных Анализ показателей поверхностного сопротивления изоляции неизбежно выявит места, в которых повреждения могут быть объяснены. Повреждения SIR будут иметь глубокие последствия, такие как отключение технологической линии, неудачная квалификация новых применяемых производственных процессов, идентифицирующих серьезную опасность снижения надежности высоконадежного оборудования и т.д.

Повреждения, связанные с поверхностным сопротивлением изоляции, выраженные в числовой форме или появившиеся из-за коррозии, должны быть внимательно осмотрены, чтобы определить что они из себя представляют, с точки зрения проведенных процессов.

Предлагается несколько способов обработки «неправильных» данных:

- Если при первоначальных условиях показания сопротивления очень низкие, и они не колеблются, вероятнее всего произошло короткое замыкание. Это может быть из-за образования перемычек во время пайки волной припоя, или наличия комочков припоя. Предлагается, что такие показатели будут отмечаться звездочкой, и будет даваться объяснение. Большое количество комочков может вызвать проблемы с процессом оплавления, и необходимость в изменении трафарета. Определив причину, Заказчик может решить стоит ли беспокоиться.
- ***Низкое сопротивление в единичной точке*** В случае наличия низкого сопротивления только в одной точке, в то время как все остальные показатели высокие (например, 10^9, 10^9, 10^6, 10^9, 10^9 ....), необходимо определить причину. Находилась ли камера в пределах допуска в это время? Не допустил ли ошибки оператор? Не было ли скачка напряжения? Присутствовал ли остаток флюса? Был ли в наличии полигликоль? Собирался ли конденсат на тестируемых элементах? Также может быть невозможным с точностью определить причину повреждения. До тех пор пока не будет определено (в конце концов), что причиной была камера или измерения, тогда низкое значение может считаться повреждением.

  Доказательство конденсата – Несмотря на использование защитных экранов, капли воды иногда могут конденсироваться, либо соприкасаться с запитанными тестируемыми элементами или контактными пальцами, используемыми для соединения. Обычно капли оставляют следы горения или обугливания, могут быть заметны следы от осадков на печатных платах. Поврежденные элементы могут на законном основании не приниматься в расчет, но в испытательной документации должна быть сделана соответствующая запись.

  Низкие показатели, но признаков осадка флюса или роста дендритной структуры не наблюдается – В некоторых случаях первоначальные и окончательные показатели SIR при условиях окружающей среды будут допустимо высокими, но в части испытаний TH\THB показатели сопротивления будут низкими. В этом случае ионный осадок вероятно будет неактивным только до того момента, пока он не соединится высоким уровнем влажности. Осадки неактивны (с точки зрения электричества) в сухом состоянии. Если материал не галогенид, то по окончанию испытания SIR коррозии или миграции металла не возникнет. Такие осадки часто не видны невооруженным взглядом, следовательно, трудно выявить причину проблемы. Если это связано с загрязнением флюса, тогда низкий уровень сопротивления означает сложное повреждение.
- ***Низкие первоначальные показатели при условиях окружающей среды*** – В большинстве случаев, особенно при водной очистке и при вовлечении в процесс низких находящихся на некотором расстоянии друг от друга деталей, первоначальные показатели поверхностного сопротивления изоляции в диапазоне 10^7-10^9 ом могут быть низкими. Достаточный первоначальный уровень сопротивления 10^{11} ом. В этом случае, причиной, вероятнее всего, будет заблокированная вода под компонентами. До начала проведения проверки поверхностного сопротивления изоляции рекомендуется провести вакуумную сушку. В этом случае, если низкие показатели сопротивления не были обнаружены до конца испытания, низкие показатели должны рассматриваться как повреждения, если они не отражают отдельного аспекта обработки. В случае заблокированной воды, признаки окисления металлической поверхности могут быть обнаружены при демонтаже расположенного сверху компонента.

Современные автоматические системы сейчас облегчают решение многих подобных вопросов, или помогают идентифицировать проблемы на достаточно раннем этапе проведения испытания, чтобы сократить затрачиваемое время и усилия. Частое использование техник контроля также помогают точно определить время возникновения данных условий, что способствует выявлению возможного виновника и перекладывания на него вины.

7. ЭТАПЫ КВАЛИФИКАЦИИ

7.1 Квалификация материала \ процесса обработки Проверка TH\THB часто используется в качестве инструмента для проведения квалификации либо материла, такого как трафарет для нанесения припоя или конформное покрытие, либо производственного процесса (пайка волной припоя, обработка оксидом, HASL, и т.д.). Необходимо помнить, что проверка TH\THB проводится с системой материалов, а не с одним материалом. Например, если после процесса подготовки тестируемого материала основания, на печатной плате остаются загрязнения, то даже самый лучший трафарет для нанесения припоя проверку не пройдет.

Квалификация материала – При квалификации материалов критичным для точности испытания является правильная подготовка материала основания. Основание не должно содержать загрязнений, которые могут повлиять на проведение испытания. Назначение испытания – проверка материала, используемого в

качестве основания. Все внешние факторы не должны приниматься во внимание или их влияние должно быть минимизировано. Подготовка тестируемых материалов основания стандартным способом позволит провести прямое сравнение проведенных испытаний.

Квалификация процесса обработки – Относительно квалификации процесса, существует меньшая заинтересованность в технических показателях отдельного материала по сравнению со способностью печатного узла быть показателем проведенных с платами процессов обработки при характерных условиях изготовления. Подготовка материала основания также важна, но не настолько как сокращение разнообразия процессов обработки.

Контролирование процесса обработки – В большинстве случаев проверка поверхностного сопротивления изоляции проводится не с целью осуществления контроля проводимого процесса, а используется только как возможность интерактивного наблюдения. Контроль процесса обычно короче по времени, чем квалификационный тип проверки SIR, и сводится к капельному анализу. Для использования проверки SIR, исследования требуют соотнесения результатов, полученных за короткий срок, с результатами, полученными за долгий срок, при проведении теста в одних и тех же условиях Примером может служить соотнесение результатов за четыре часа воздействия окружающей среды с результатами за 4-7 дней. (см. Ссылка 8 пункта 10.1)

Однако, применив анализ тенденции изменений, становится возможным определить изменения, происходящие на каждом уровне узла в течение всего нескольких часов.

Пример: Лучше проводить испытания по квалификации процесса в самом начале на образцах каждого уровня узла: несмонтированная плата, трафарет для нанесения припоя, поверхностное склеивающее вещество, паяльная паста, флюс для пайки волной припоя. Теперь у вас есть образцы и данные по каждому этапу процесса обработки. Если обнаруженные какие-либо тайные изменения с используемым паяльным флюсом, то в процессе контролирования они проявятся быстро за очень короткий срок, возможно за 4-6 часов.

7.2 Определение критериев приемки

7.2.1 Снятие показаний / визуальный осмотр В старых вариантах проверок SIR ограничения по годности выражались только в цифровой форме. В большинстве случаев в более поздние спецификации также включены разнообразные критерии проведения визуального осмотра. Объединение показаний и визуального осмотра становится необходимым, в случае если числовой уровень поверхностного сопротивления изоляции, замеряемый при проведении испытания согласно стандарту IPC, неспособен отразить наличие экстенсивного электрохимического смещения. Данные феномен породил несколько лет обсуждений. В данном документе описывается многообразие существующих теорий.

Электрохимическое смещение представляет собой процесс обратный нанесению гальванического покрытия. Металлы перемещаются с электрода, с которым проводится испытание, при совмещенных условиях наличия загрязнителя, воды и напряжения потенциала. Так как электрическая нить соединяет катод и анод, образуется кратковременное замыкание. В большинстве случаев нить не рассчитана на получаемый в результате ток, что приводит к ее разрушению, очень похоже на ее перегорание. Результатом часто является обугливание поверхности платы по контуру нити. При долговременных испытаниях рост нитей и их разрушение может быть продолжительным действием.

Пока все тестируемые элементы не будут находиться в режиме непрерывного мониторинга, уменьшение сопротивления с мгновенным замыканием не будет обнаружено. Большинство проверок SIR требуют проведения замеров сопротивления в установленные периоды времени в течении всего испытания. Эти замеры представляют собой «моментальные снимки» величин сопротивления. Если во время проведения этих замеров не происходит роста нитей, то происходит ли вообще рост, будет сложно установить. Поэтому, современные проверки поверхностного сопротивления изоляции требуют, чтобы платы осматривались визуально в дополнение к снятию числовых показателей уровня сопротивления изоляции.

Часто древовидная структуры бывает очень хрупкой, что даже крайне низкий электрический ток может ее разрушить. Использование токоограничивающих резисторов может сохранить древовидную структуру для проведения прочих форм проверок на повреждения, таких как проверка с помощью ионного хроматографа или сканирующего электронного микроскопа.

Рассмотрим пример с 2 образцами: к первому образцу был применен градиент напряжения в 200 В/мм на участке шириной в 400μm и промежутком между участками в 500 μm, и результаты испытания выглядят достаточно приемлемыми, как показано на Рисунке 7-1. Однако, образец, к которому применили градиент напряжения такой же величины, но на участке шириной в 200 μm и промежутком в 200 μm, был забракован, как показано на Рисунке 7-2. Линии представляют различные тестируемые участки, а каждый пик на линии – дендрит, образующийся и разрушающийся, защищенный токоограничивающим резистором в измерительной цепи.

(см. в оригинале)

Рисунок 7-1 Результаты испытания, указывающие на отсутствие древовидной структуры

(см. в оригинале)

Рисунок 7-2 Образование дендритов на проводнике

7.2.2 Колебания влажности и температур Температура и влажность изменяются в зависимости от механизмов регулирования камеры, динамики потока воздуха, протекающего в камере, теплоотдачи образцов, находящихся внутри камеры под током, и т.д. Следующие рекомендации даются для сокращения колебания температуры и влажности:

- Термопары системы регулирования камеры и диаграммных самописцев должны располагаться рядом с образцами, но в зоне, удаленной от любого впускного отверстия пара или на участке хорошей продуваемости воздухом.

- Практически все регуляторы на основе микропроцессора оснащены набором исходных регулирующих параметров. Данные исходные параметры используются для выставления стандартного режима регулирования температуры и влажности. Во многих случаях исходные параметры могут быть незначительно изменены для «точной настройки» механизмов регулирования. Важное: запишите начальные исходные значения перед тем, как начнете перенастройку. Процедура точной настройке должна быть описана в руководстве регулятора.
- Многие камеры поддержания влажности обладают возможностью отключения охлаждающего компрессора для продления срока службы компрессора во время долгих замачиваний при заданной температуре. В зависимости от уровня регулируемости камеры, обслуживание работающего компрессора увеличивает уровень регулируемости температуры и влажности. Данная практика не поощряется, так как сокращает уровень регулируемости окружающей среды в камере.
- Если камера полностью заполнена тестируемыми образцами, то поток воздуха в камере будет преграждён. Следовательно, регулируемость температуры и влажности значительно уменьшается.
- В случаях осуществления непрерывного мониторинга, раздельные влажный и сухой термометры помещаются с двух сторон от тестируемых образцов, оснащенные функцией продолжительной регистрации данных.

7.2.3 Обсуждение модели тестового образца Многие компании намерены выпускать стандартные печатные платы, коих в промышленности используется очень много. Использование уже существующей модели более выгодно, чем проектирование абсолютно новой, также затраты сокращаются за счет уже существующих тестовых образцов. Если модель тестового образца все равно должна быть разработана, необходимо основываться на аспектах, перечисленных в пункте 3.3.8

7.2.4 Доступные средства проведения проверки поверхностного сопротивления изоляции Ассоциация IPC периодически обновляет файлы электронного проектирования Gerber, содержащие некоторые средства проведения проверки SIR. Данные компании могут помочь выбрать необходимые элементы, участвующие в проверке, из уже существующей платы, если кому-либо захочется создать свое собственное средство проверки. Подробные диаграммы и фотографии данных проверочных средств содержатся в Приложении С.

8. РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СБОЕВ ПРОВЕРКИ SIR

Следующие рекомендации даны для иллюстрации типов сбоев, наблюдаемых при проведении проверки SIR, способов их предотвращения, действий в случаях их возникновения.

8.1 Стандартные сбои при проверке SIR Многие специалисты, проводящие проверки поверхностного сопротивления изоляции, задаются вопросом о том, что необходимо делать, если при проведении испытания произошел сбой. В идеале испытание необходимо повторить, но часто это решение считается дорогостоящим или непрактичным. Большинство испытаний могут быть восстановлены. Существуют четыре преобладающих типа механизмов сбоев: потеря влажности, потеря мощности камеры, потеря заряда хладагента, и отказ программного обеспечения.

К счастью, в современных автоматических системах программное обеспечение оснащено аудио-визуальной системой оповещения или предварительно заложенной функцией мгновенной остановки испытания при возникновении сбоя – в отличие от варианта ожидания полных семи дней или более, прежде чем вы обнаружите возникновение сбоя, что может быть не очень удобным.

Причин потери влажности в камере может быть две. Наиболее распространенная – прекращение подачи воды в камеру. Если камера не оборудована чувствительным элементом считывания низкого уровня воды с блокиратором, то данные условия могут вызвать постоянный нагрев, так как камера будет пытаться нагреть воду, которой нет, для образования пара.

Вторая причина – потеря воды в емкости с фитилем, что приведет к высыханию полоски во влажном термометре. Затем механизм регулирования камеры будет распознавать одинаковую температуру, показываемую и сухим и влажным термометрами, что приравнивается к 100% относительной влажности, и все парообразующие нагреватели отключаются. По существу, оба варианта превращают камеру образования влажности в сушильную печь.

Потеря питания может иметь несколько последствий. Мгновенный скачок напряжения может привести к тому, что микропроцессорный регулятор распознает сбой. Некоторые микропроцессоры постараются вернуться в состояние, предшествующее появлению сбоя, другие перезапустят программу, а третьи отключатся до тех пор, пока со сбоем не разберется оператор. Применительно к скачку напряжения предпочтительным является первый вариант.

Если потеря питания значительна, например 15 минут или более, камера может превратиться в дождевую камеру. Как только горячая влажная среда начинает остывать, влажность из воздуха больше не забирается. В определенный момент среда охлаждается настолько, что влажный воздух превышает точку росы, и вода начинает конденсироваться на всех поверхностях внутри камеры. Если цепи все еще запитаны, почти наверняка, произойдет электрохимическое смещение. В некоторых камерах данную ситуацию можно избежать путем сброса всей воды из резервуара камеры в случае потери питания. В прочих случаях используются датчики и блокираторы электрического питания, подаваемого к тестируемым элементам, в случае потери питания в камере. И снова, современные системы оснащены датчиками температуры и влажности, обеспечивающими поступление аудиовизуального сигнала и способными остановить проведение испытания, в случае если данная функция была запрограммирована.

В основном, потеря хладагента происходит при цикличной проверки THB или во время окончательного линейного понижения характеристик при проведении статической проверки THB. Если количество хладагента недостаточное, то камера не сможет охладиться в отведенное для этого время. Потеря хладагента может также повлиять на уровень регулируемости камеры, в

случае если камера полностью заполнена тестируемыми образцами.

Самая распространенная причина поломки ПО – это потеря питания, при условии, что оборудование в достаточной мере профессиональное. Но это предположение не верно. Большинство оборудования по сбору данных SIR программируются под Заказчика, с запасом прочности, отличающимся в зависимости от уровня квалификации программиста. В случае потери питания, желательно использование дополнительного источника бесперебойного питания. В противном случае программное обеспечение будет иметь возможность возвращения к предаварийным условиям «холодной» начальной загрузки.

В основном современные системы базируются на платформе Майкрософт Виндоуз, что позволяет регистрировать проблемы, возникающие с оборудованием, и так как эта платформа считается надежной для проведения долговременных испытаний.

8.2 Аварийные ситуации Следующие меры, как правило, не найти ни в каких спецификациях. Это опыт лаборантов, проводящих проверки поверхностного сопротивления изоляции.

Камера превратилась в печь – Меры по устранению будут зависеть от того, как давно произошла аварийная ситуация, и какова температура. Если температуры была 35°C, относительно благоприятная температура, испытание модно запустить повторно. Если температура составляла от 65 – до 85°C, необходимо рассмотреть время возникновения неполадки. Если временной промежуток составлял более 48 часов, результаты испытания следует считать недействительными. Если менее 48 часов, рекомендуется провести следующее:

- Прекратить подачу электрического тока смещения к тестируемым элементам.
- Зафиксировать причину падения влажности.
- Увеличить влажность в камере на 20% в течении 2 часов.
- Как только температура в камере стабилизируется на заданном значении, произвести замеры.
- Оставить образцы находиться в таких условиях в течении 24 часов при проведении статического испытания, и в течении 3 часов при цикличном режиме испытания. По прошествии данного времени снова провести замеры.
- Сравните полученные результаты с последним «хорошим» набором данных. Если данные, полученные в результате принятых мер, находятся в диапазоне половину десятой части «хороших» результатов, в этом случае испытание можно продолжить процессов сушки, и не учитывать время, затраченное на перенастройку, при подсчете общего времени прохождения испытания.
- Случившееся необходимо отразить в отчете. Данные меры позволять получить дополнительные результаты, но этот тест все равно будет считаться сомнительными.

Камера превратилась в дождевую камеру – принимаемые меры по устранению будут зависеть от наличия конденсата на тестируемых элементах, и от того, применялся ли к ним ток смещения.

- Если для отключения питания от тестируемых элементов при потере питания использовался релейный механизм, то тестируемые элементы после этого должны быть полностью высушены. Воздействие на образцы температурой в 35°C и низкой влажностью в течении 24 часов должно высушить платы, не повреждая их. Затем в камере восстанавливаются условия, превышающие норму, как на начальном этапе проведения испытания. Как только условия внутри камеры стабилизируются, ток смещения снова подается к элементам, и продолжается отсчет времени испытания. Время, затраченное на устранение недостатка, не учитывается при подсчете общего времени прохождения испытания.
- Если во время конденсации элементы были запитаны, проведения испытания будет считаться недействительным. Философия современных проверок THB диктует, что наличие воды на тестовых элементах приводит проведение испытания в негодность.
- Если с момента возникновения аварийной ситуации прошло мало времени и персонал находится на рабочем месте, необходимо немедленно отключите питание от тестируемых элементов, и осторожно приоткройте дверцу камеры. Это позволит избавиться от влажности и избежать феномена пересечения точки росы. Если персонала не было на рабочем месте, как часто бывает, лаборанту будет необходимо определить, произошла ли конденсация во время аварийной ситуации. В большинстве случае сделать это невозможно. Если сомневаетесь, повторите испытание.

Потеря хладагента – Это может повторяться периодически, если профилактическое обслуживание выполняется невнимательно. Ежедневные проверки смотрового стекла помогут установить проблему до того, как она повлияет на испытание. Хладагент может пополняться во время испытания. Если режим проведения испытания цикличный, то необходимо приостановить испытание и завершить после пополнения хладагента. Если испытание статичное, только после финального понижения характеристик проведения теста, испытание может быть продолжено. Приведение условий испытаний из повышенных в обычные, при отсутствии функции охлаждения, - это большое мастерство. При открывании дверцы внутреннего рабочего пространства камеры устраняется температура и влажность. Путем осторожного обращения с дверцей можно добиться восстановления нормальных условий работы камеры в полу - управляемом режиме. Помогает ручной сброс воды из резервуара камеры. Во время этой процедуры тестируемые элементы не должны быть запитаны. После замены или добавления хладагента необходимо продолжить проведение испытания по описанию, приведенному выше.

Что здесь делают капли воды? – В процессе проведения какого-либо испытания THB, в особенности, если это испытание проходит в цикличном режиме, вода собирается на поверхности стен и потолка камеры. Воздушные вентиляторы внутри камеры могут сдуть капли воды на тестируемые элементы. Во многих тестовых установках располагается экран, защищающий образцы от попадания капель воды с потолка, но не со стен. Если жидкость вступает в контакт с запитанными образцами, испытание может быть признано недействительным, и должен быть проведено заново. В этом случае никаких мер устранения не принимается.

Пришел начальник, все сломал – Часто это происходит с длительными проверками ТНВ, когда необходимо быстро провести испытание «высшего приоритета» для удовлетворения «сильных мира сего». Вопрос в том, можно ли прервать проведение испытания, сохранив при это его эффективность? Это считается возможным, если испытание прерывается не более одного раза. Например, приемлемым считается проведение испытания длительностью в 28 дней в два периода по 14 дней, но не в четыре периода по 7 дней. Для приостановки испытания, отключите питание тестируемых элементов, приведите условия камеры в исходное состояние в контролируемом режиме. Выньте тестируемые элементы из камеры и переместите на хранение в чистую, сухую, незагрязненную среду (для этого идеально подходят пакеты производства Kapak©). Когда придет время заново запускать испытание, поместите образцы обратно в камеру. Создайте в камере необходимые условия в контролируемом режиме. Оставьте образцы в камере на 24 часа для привыкания к условиям камеры без применения тока смещения. По прошествии 24 часов, проведите замеры и сравните результаты с последними известными «хорошими» данными. Если результаты в рамках хотя бы половины десятой части , подключите питание и продолжите проведение испытания. Если нет, то продолжайте кондиционирование в течение следующих 12 часов и затем проводите тест далее. Время, затраченное на устранение неисправностей, не включается в общее время испытания, но проведение действий по устранению неисправностей должно быть письменно задокументированно.

Примечание: Когда имеешь дело с начальником, не прекращай проведение теста. Объясни ему, что нужна еще одна камера и еще одна система сбора информации. Когда он узнает стоимость, то станет более терпеливым.

Возникает вопрос, если проведение испытания можно прервать один раз, то почему нельзя делать этого несколько раз? Кроме перечисленных ниже, нет никаких технических причин, почему испытание нельзя прерывать несколько раз:

- Нарушение условий равновесия.
- Слабая опытная форма.
- Просто тяжело это сделать.
- Возникают вопросы по результатам, в особенности, если сбой произошел при проверке процесса.
- С тех пор как при всех проверках поверхностного сопротивления изоляции стали измерять уровень загрязнения, дополнительное перемещение тестируемых образцов может значительно увеличить вероятность загрязнения.

8.3 Прочие рекомендации

- Не используйте материалы, не получившие одобрения / не прошедшие испытаний, без предварительного выявления свойств материалов, вызывающих повреждения поверхностного сопротивления изоляции.
- Не используйте легко-перемещаемые металлы.
- Минимизируйте перемещение образцов после окончательной очистки.
- Используйте не загрязняющие защитные перчатки.
- При проведении проверки на остатки, необходимо осознавать, что общая сумма чистоты образца усредняется в зависимости от общей площади поверхности основания тестируемого образца. Количество обнаруженных остатков, на самом деле, может принадлежать всего одному источнику. Также обратите внимание, что некоторые остатки вообще могут быть не обнаружены, но тем не менее присутствовать на печатном узле.
- Могут потребоваться другие методы определения чистоты / наличия осадков (например: HPLC, IC, GC/MS).
- Снизьте количество флюса, используемого при сборки печатного узла.
- Используйте только чистящие материалы, получившие одобрение.
- При использовании поверхностно-активных веществ, эмульгаторов, омыливателей, и т.д., убедитесь, что материалы не остаются на печатной плате или блокируются внутри печатного узла.
- Очищайте печатные узлы в разумные сроки, чтобы предотвратить трудности, связанные с удалением материалов, используемых в процессе производства.

Выполнение всех выше перечисленных процедур не является гарантией не возникновения повреждений SIR. Для этого необходимо проводить четкое оценивание тестовых / производственных образцов путем проведения входного контроля качества, сборки, пайки, процедур очистки и осуществления подходящих длительных проверок / оценок надежности. Должны быть рассмотрены все условия (например: проектирования, конечного пользования, среды эксплуатирования, и т.д.).

9. ПРОВЕРКА SIR МАТЕРИАЛОВ НЕПЕЧАТНЫХ ПЛАТ.

Проверку SIR или ТНВ можно провести на любом материале основания, с учетом того, что основание является токопроводящим (и, следовательно, не обладает изолирующими свойствами). Информация, содержащаяся в данном руководстве, первоначально базируется на опыте, полученном при изучении материалов, используемых при изготовлении стандартных печатных плат. По решению специалистов группы по исследованию поверхностного сопротивления IPC 5-32b разработка информации по проведению проверок SIR альтернативных материалов была отложена до тех пор, пока не будет накоплено достаточно опыта и данных. Однако, некоторые общие наблюдения все равно могут быть сделаны.

9.1 Альтернативные материалы оснований К альтернативным основаниям относятся материалы, не являющиеся обычной эпоксидной смолой или полиимидным многослойным материалом. Предполагается что виды армирующего материала (стекловолокно, стеклянный мат, и т.д.) оказывают слабое влияние на характеристики SIR.Первичное воздействие оказывает смола.

В основном высокоскоростные диэлектрики, такие как политетрафторэтилен (ПТФЭ), являются лучшими изоляционными материалами, и обладают более высоким средним уровнем SIR чем их эпоксидные или полиимидные аналоги. Необходимо отметить, что у ПТФЭ могут быть проблемы, связанные с пластической или механической деформацией, вызванной нагреванием. Предполагается, что такой материал при проведении проверки поверхностного сопротивления изоляции вызовет большее искривление или скручивание.

Наиболее недавним альтернативным материалом является керамика. С увеличившимся использованием гибридов и технологии толстой/тонкой пленки все более число проверок SIR проводятся с керамическими основаниями (в основном оксид алюминия). Керамика, также как ПТФЭ, - это лучший изоляционный материал, и, следовательно, обладает более высокими уровнями сопротивления изоляции ($>10^{14}$ Ом).

В теории, проверка SIR может быть проведена на любом изоляционном материале, при условии, что токопроводящий элемент помещается на такую поверхность, которая является изоляционным материалом по своей природе.

9.2 Проверка прочих материалов печатных плат Проверка этих вариантов редко отличается от проверки стандартных печатных плат. Это все тоже воздействие на комплекс материалов увеличенной температурой и влажностью, в основном, при применении электрического потенциала на промежуточном пространстве. Возникают трудноразрешимые вопросы, как обеспечить соответствие данных материалов замеренным уровням напряжения.
Для керамических оснований необходимо отметить, что гибриды крайне чувствительны к ничтожному количеству загрязнения. Даже дым от проведения процесса пайки может загрязнить керамическую поверхность, и результатом может стать утечка тока. По этой причине не рекомендуется вручную припаивать выводы к плате. При работе с керамическими основаниями чаще всего используют технологию поверхностного монтажа, и, следовательно, не образуется сквозных отверстий. Присоединение к керамике выводов в любом возможном месте должно быть частью производственного процесса. Объединение процесса присоединения выводов с самим процессом изготовления или пайки оплавлением позволяет специалисту, производящему проверку SIR, присоединить провода к указанным выводам, и таким образом, приостановить проведение процесса пайки. Для керамики предпочтительным методом является использование золотых контактных площадок и пружинных контактных штырей. Естественно, это более дорогой вариант и менее рентабельный для проведения кратковременных испытаний.

9.3 Измерения высокого сопротивления Так как большинство этих альтернативных материалов являются хорошими изоляторами, то они будут стремиться сопротивляться прохождению токов утечки, результатом чего будет высокое сопротивление и соразмерно низкие токи. В мире измерений сопротивлений существует общая разделительная линия между 10^{12} Ом и 10^{13}Ом или выше. При превышении одного тераома (10^{12}Ом) нужно особенно внимательно следить за током утечки в проводке, напряжением смещения в измерительном или сканирующем оборудованиях, и разницей между нормальным током и эффектом электромагнитного взаимодействия или электромагнитных помех. Измерительная установка полностью должна быть спроектирована как клетка Фарадея, оснащенная экранированными кабелями, креплениями и т.д. Такие же проблемы возникают и при проведении биомедицинских измерений, таких как электроэнцефалограммы, электрокардиограммы.
Ссылка 4 содержит превосходную трактовку измерений низких токов и факторов, которые необходимо при этом учитывать. Читателю также предлагается интересная информация о экранировании цепей для проведения измерений чувствительных элементов.
Результатом измерений с постепенно понижающимся значением тока становится снижение числа пригодных электрометров и их подорожание. Измерения, проводимые в диапазоне тераом (10^{12}), захватывают диапазон пикоампер, и необходимое для проведения таких измерений оборудование есть в наличии у некоторых производителей оборудования. Для проведения измерений в диапазоне 10^{14}Ом и выше в настоящее время используют диапазон фемтоампер (10^{-15}) или аттоампер (10^{-18}). Электрометров с требуемой чувствительностью немного и они, как правило, дорогостоящие.

9.4 Интегральная микросхема (кремниевые пластины) Замеры сопротивления изоляции на кремниевых основаниях интегральной микросхемы – это наука сама по себе. Стандартными являются сопротивления в диапазоне 10^{18} – 10^{20}Ом. Кремниевые пластины ультра чувствительны к любой форме загрязнений, таким образом, вариант обычного присоединения проводов не рассматривается. В частности, никаких общих элементов, используемых для проведения проверки SIR, не будет нанесено на поверхность кремниевой пластины, измерения будут осуществляться скорее между двумя контактными площадками. Подсоединение к площадке, как правило, осуществляется путем проводного соединения.
Такие измерения ультра высокого сопротивления требуют использования специальных изоляционных материалов, таких как сапфир, критичным является чрезмерное экранирование.

10 ССЫЛКИ

10.1 Изданные документы

Список изданных документов смотри в оригинале.

10.2 Деловые контакты и поставщики оборудования SIR IPC содержит неполный перечень поставщиков оборудования для проверки поверхностного сопротивления изоляции (SIR) в режиме онлайн, а также сведения о частных лицах, связанных с проведением проверок SIR и участием в рабочей группе специалистов IPC 5-32b, разработавших IPC-9201. Список доступен на сайте www.ipc.org в разделе “Technical Resources” (Технические средства).

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Исследование литературы было проведено для того, чтобы выделить статьи, посвященные испытаниям с использованием температуры-влажности-смещения, при этом использовалось множество ключевых слов. В качестве учебных пособий для начинающих хорошим выбором будут следующие статьи:

Названия статей смотри в оригинале.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
ПЕРЕЧЕНЬ ТЕСТОВЫХ МЕТОДОВ И КРИТЕРИЕВ

Таблица Б-1 Краткое изложение метода проверки SIR (предоставлено Ericcson). Образование дендритов на проводнике

Смотри в оригинале

Требования к Таблице В-1

Смотри в оригинале

Таблица В-2 Краткое изложение метода проверки SIR (предоставлено Ericcson).

Смотри в оригинале

Требования к Таблице В-2

Смотри в оригинале

Таблица B-3 Краткое изложение метода проверки SIR (предоставлено Ericcson).

Смотри в оригинале

Требования к Таблице B-3

Смотри в оригинале

Таблица В-4 Краткое изложение метода проверки SIR (предоставлено Ericcson).

Смотри в оригинале

Требования к Таблице В-4

Смотри в оригинале

ПРИЛОЖЕНИЕ В
СРЕДСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ПРОВЕРКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Как уже упоминалось в основной части документа, результаты проверок поверхностного сопротивления изоляции часто зависят от геометрии или конфигурации средств, на которых проводятся испытания. В данном приложении описаны наиболее часто встречаемые средства проведения испытаний, имеющиеся в наличии у IPC или других промышленных источников, а также собраны отдельные иллюстрации вариантов использования элементов для проведения специфических испытаний, выбранных Заказчиком. Не все средства проведения испытаний , перечисленные в данном каталоге, будут доступны широкой публике, и некоторые приведены только в иллюстрационных целях. Многие тестовые платы предоставлялись экспертам группы IPC SIR для оценки, в рамках процесса разработки самих плат.

Стандартные платы для проведения проверки поверхностного сопротивления изоляции, предоставляемые ассоциацией IPC.
Ассоциация IPC располагает информацией о следующих стандартных тестовых платах. IPC не занимается продажей самих тестовых плат (вопрос массовости и сроков хранения), но и не располагает списком поставщиков одного или нескольких типов средств проведения проверки SIR. В IPC имеются данные в формате Gerber по каждой стандартной печатной плате, на случай если заказчик захочет, чтобы печатная плата состояла из нескольких материалов.

Использование и конфигурации стандартных печатных плат IPC входят в сферу компетенции различных рабочих групп ассоциации IPC. Так, например, платой IPC-B-24 занимается рабочая группа 5-24a по подробному изучению флюса. Плата IPC-B-25A входит в сферу деятельности рабочей группы 5-33b по изучению трафарета для нанесения припоя. И если это так, то конфигурации могут изменяться, если рабочая группа посчитает данную меру нужной. Так как управление конфигурированием не является сильной стороной указанных комитетов, то существовать могут только варианты некоторых из этих плат с незначительными изменениями. Авторы данного приложения постараются дать некоторые справочные данные по этим вариантам.

Многие из этих тестовых плат используются для разнообразных целей, в том числе в помощь специалистам при проведении оценки материалов или процессов производства. При использовании в целях проведения квалификации по различным стандартам, материалы конструкции хорошо определяемы. При использовании в целях инженерной оценки, выбор материалов более широк. Несмотря на это, необходимо помнить, что если хочется использовать оценочные критерии определенной спецификации или стандарта, то необходимо использовать определенный набор материалов. В данном документе приводится список неверных комбинаций материалов, при условии, что для проведения инженерной оценки материал может быть любым.

В качестве примера: в стандарте J-STD-004 тестовая плата IPC-B-24 используется в качестве средства проведения квалификации флюсов. При использовании с этой целью: многослойным материалом будет FR-4, металлическое покрытие – чистая медь (без консервирующих веществ), и без трафарета для нанесения припоя. J-STD-004 содержит минимум критериев для получения данных SIR. Специалисту по оценке процесса может понадобиться проведение теста на совместимость различных флюсов с различными покрытиями поверхности. На платы IPC-B-24 могут быть нанесены различные покрытия и использована процедура проведения испытания по стандарту J-STD-004, но применение критериев годности к данным альтернативным вариантам покрытия вслепую должно осуществляться с осторожностью.

Еще один момент, увеличивающий путаницу, связан со спецификацией ассоциации IPC по некоторым пользующимся спросом предметам. С недавнего времени, IPC не занимается продажей самих печатных плат, но продает фотошаблоны / чертежи для изготовления плат. Так, например, оригинал фотошаблона платы IPC-B-36 маркирован IPC-A-36 (А – обозначает фотошаблон). Если используется такое обозначение, то на поверхности платы (В – обозначает плату) будет нанесена маркировка IPC-A-36. Заказчикам время от времени задают вопрос о соответствии используемой ими тестовой платы.

IPC-9201A

Стандартная тестовая плата IPC-B-24

Официальное обозначение:	Стандартная тестовая плата IPC-B-24
Состояние:	Применяется в настоящее время
Основное использование:	Средство проведения квалификации по стандарту J-STD-004
Прочее использование:	Может быть использована в качестве средства проверки SIR Telcordia GR-78-CORE. Часто используется для проведения оценки нанесения флюса / пасты. Также используется в соответствии с Японским промышленным стандартом (JIS) для проверки флюса / пасты.
Материал основания:	Многослойный материал FR-4, при проведении квалификации
Материал металлизации:	Неизолированная медь, при проведении квалификации
Припойный трафарет:	Не используется при проведении квалификации
Тестируемые элементы:	Элементы гребенчатой структуры (4) – 0.016 в длину с промежутками в 0.020. Номинальное количество квадратов 1000.

История создания платы:
Изначально в 1990х годах плата IPC-B-24 создавалась в качестве испытательного средства, которое можно использовать для проверки взаимодействий между многослойным материалом, поверхностной металлизацией, и флюсами, главным образом, при нанесении волнового припоя. Сначала, испытательная плата использовалась в проводимых ассоциацией IPC экспериментах по замене фреона, с целью выявления флюсов, являющихся альтернативой твердым смолам. Более подробные сведения содержатся в стандартах IPC-TP-1043 и -1044. Размер 0.016 в длину с промежутком в 0.020 был выбран исследователями из-за промежутка, позволяющего осуществлять пайку волной припоя при расположении платы лицевой стороной вниз без наложения излишек припоя при пайке. Размеры 0.016 д. и 0.016д. соответствовали размерам 0.4 мм и 0.5 мм, и говорили о использовании Американцами метрической системы измерений. Размер контактного пальца, 0.050 на 0.100, позволял подсоединить оборудование и краевой разъем, используемый для проведения проверок данной платы.

Результаты использования платы в данных экспериментах были положительными. Кроме того, было выявлено, что длина и промежутки, используемые в данной плате, хорошо подходят для нанесения паяльной пасты для трафаретной печати. Так как большинство исследователей того времени входили в состав комитетов по разработке и стандарта MIL-F-14256 и J-STD-004, то дешевая плата B-24 стала средством, выбираемым по умолчанию, для проведения проверок SIR в соответствии с данными стандартами.

Стандарт GR-78-CORE и его предшественник NWT-TR-000078, часто применяемые в телекоммуникационной промышленности, допускают использование элементов решетчатой структуры платы IPC-B-24 для проведения проверки поверхностного сопротивления изоляции, но с приведением в соответствие критериев приемки и браковки согласно разнице в количестве «квадратов». Документ GR-78-CORE НЕ допускает использование платы B-24 для проведения проверки сопротивления – электросмещения. Единственный элемент допускаемый к проведению данной особой проверки – это элемент B/E платы IPC-B-25 или элемент D платы IPC-B-25A (0.0125 длина / промежуток).

Был получен опыт, касающийся разработки трафаретов для оценки трафаретной паяльной пасты для платы B-24. Если паста наносится ТОЛЬКО на область перекрытия пальца, чаще всего паяльная паста обладает тенденцией образовывать капельки, как показано на фотографии. Этого можно избежать, растягивая пасту по длине общей токопроводящей шины в каждой секции тестируемого элемента. Во время пайки паяльная паста наложится на токопроводящую шину из меди и образование капель предотвратится. Это достоверно для большинства тестовых плат ассоциации IPC оснащенных встречно-штыревыми контактными площадками.

Варианты моделей
Плата B-24 пережила только одно незначительное изменение (Rev. A). Самая ранняя версия платы B-24 не была оснащена предохранительной линией, отходящей от Штыря 21 и , таким образом, становится возможным наличия утечек электрического тока при измерениях поверхностного сопротивления изоляции для элемента B. Следовательно, заземленная предохранительная линия была добавлена к Штырю 21 в последней версии.

Общее использование, не требующее прохождения процесса квалификации

Испытательная плата IPC-B-24 в большинстве случаев используется в качестве недорогого средства проведения испытания с флюсами и паяльной пастой. Испытательная плата IPC-B-24 стоит $3 - $6 каждая, и поэтому часто используется для проверки многочисленных флюсов, из которых выбирается только несколько флюсов / паст, используемых в процессе проверки.

Плата В-24 также используется для проверки взаимодействия припойных флюсов и трафаретов во множестве вариантов. При некоторых проверках вся поверхность платы В-24 (за исключением контактных пальцев) покрывается выбранным трафаретом для нанесения припоя, затем происходит его затвердевание, и затем осуществляется пайка. Результаты проверки SIR используются для определения, стал ли флюс причиной повреждения трафарета. Прочие методы заключались в наложении трафарета только в промежутках между элементами решетки, в проверке трафарета на совместимость и на паяемость посредством осуществления процесса пайки. Еще один метод заключался в наложении трафарета поверх элемента гребенчатой структуры и последующем распределении линий на трафарете перпендикулярно к пальцам гребенчатого элемента. Получившееся в результате шахматное расположение трафарета и металла представляют собой ловушки для флюса, и могут вызвать проблемы с самим процессом производства.

Еще одно общее применение данной платы – проверка воздействий излишнего напыления или неочищенного флюса на поверхностное сопротивление изоляции, в том числе, в случаях натекания флюса в сквозные отверстия и на края платы, а также попадания флюса на лицевую сторону печатной платы. Согласно этому методу флюс накладывается на лицевую сторону платы, и при пайке элементы решетчатой структуры направлены вверх (не соприкасается с волной припоя).

Преимущества:

- Очень простая плата (трафаретная печать и травление)
- Оснащена заземленной цепью для изолирования решетки
- Самая дешевая тестовая плата
- Схема расположения выводов идентична плате IPC-B-36
- Возможность сравнения результатов с другими программами, использующими данную плату
- Если флюс / паста, годна в соответствии со стандартом J-STD-004, то сведения о поверхностном сопротивлении изоляции уже существуют
- Подходящее средство проверки SIR материалов, используемых и ассоциацией IPC и Bellcore
- Отсутствие сборочных узлов (легкость в обработке, практически беспроигрышный вариант)

Недостатки:

- Слишком простая плата (не отражает сложности изделия)
- Промежутки в 0.020 д. не отражают характеристик платы
- Как правило, трафарет для нанесения припоя не является часть платы (но может быть добавлен)
- Квалификационные испытания по стандарту J-STD-004 проводятся только на незащищенной чистой меди
- С технической точки зрения не может быть использована для проведения проверки электросмещения плат компании Bellcore
- Отсутствие сборочных узлов (невозможность пайки оплавлением или очистки)

Стандартная тестовая плата IPC-B-25

Официальное обозначение:	Стандартная тестовая плата IPC-B-25
Состояние:	Устарела, но имеется в наличии
Основное использование:	Устаревшее средство проверки трафаретов для нанесения припоя (SM-840) и покрытия (CC-830)
Прочее использование:	Средство проведения квалификации флюсов и пасты компанией Bellcore
Материал основания:	Обычно многослойный материал FR-4, но может отличаться
Материал металлизации:	Чаще всего олово-свинец, но может отличаться
Элементы проведения проверки SIR:	Элементы гребенчатой структуры (6) A – 0.006 длина / промежуток B – 0.0125 длина / промежуток C – 0.025 длина / промежуток Элементы D, E, F – отражение элементов A, B, и C на оборотной стороне платы.

История создания платы:
Печатная плата IPC-B-25 – одна из наиболее давно существующих плат в промышленности. Хотя на настоящий момент она технически устарела, все еще можно наблюдать ее использование, когда заказчик желает воспользоваться существующими установками для проведения испытаний или провести сравнение с предыдущими результатами. B-25 снабжена разнообразными тестовыми элементами, включая последовательно расположенные сквозные отверстия, которые могут быть использованы для проведения поверки общего качества платы. Плата B-25 очень часто использовалась в качестве средства проведения квалификационных испытаний производственного процесса. С точки зрения поверхностного сопротивления изоляции, после проведения оценки флюсов и пасты, могут быть использованы.только Элемент B и Элемент E (0.0125 длина / промежуток). У Элемента A линии слишком малы для трафаретной печати, а у Элемента C наоборот слишком велики. При использовании только Элементов B/E, большая часть платы пропадает зря. Когда плата B-25 была переработана в плату B-25A, большинство элементов, не участвующих в проверке SIR, были ликвидированы, и некоторые дефекты были исправлены. Так как Элемент D платы B-25A может быть использован для сравнения со старыми базами данных, необходимость в использовании платы B-25 уменьшилась с годами.

Варианты моделей:
Из-за долгой истории платы, существует множество вариантов компоновки тестируемых элементов.

Преимущества:
- Относительная дешевизна
- Доступность обширной базы данных
- Возможность использования нескольких вариантов компоновки (0.025 д.; 0.0125 д.; 0.006д.) на одной плате
- Элементы B и E все еще позволяют осуществлять квалификационные испытания на электросмещение Bellcore

Недостатки:
- Трата пространства и материалов, при использовании только для проверки поверхностного сопротивления изоляции

  Несбалансированная компоновка элементов решетчатой структуры

  Невозможность применения к плате волновой пайки при использовании элементов размером 0.006 или 0.0125д.

Стандартная тестовая плата IPC-B-25A

Официальное обозначение:	Стандартная тестовая плата IPC-B-25A
Состояние:	Применяется в настоящее время
Основное использование:	Средство проведения квалификационных испытаний IPC-SM-840 (трафарет для нанесения припоя) и IPC-CC-830 (покрытия)
Прочее использование:	Средство проведения испытаний Telcordia GR-78-CORE, проверок SIR и электросмещения
Материал основания:	FR-4 для проведения квалификационных испытаний, односторонняя, 0.062 д.
Материал металлизации:	Неизолированная медь для проведения квалификационных испытаний
Элементы проведения проверки SIR:	Элементы гребенчатой структуры (2) 0.016 д. длина, 0.020 д. промежуток, кол-во квадратов – 1000 (идентично элементам платы IPC-B-24) Элемент гребенчатой структуры (1) – 0.0125д. длина, 0.0125д. промежуток (идентичен элементам B/E платы IPC-B-25) Y-образный элемент военного образца – 0.030д. промежуток Элемент шахматной конфигурации для проверки прилипания трафарета / покрытия.

История создания платы:

Плата IPC-B-25A была разработана специалистами рабочей группы IPC по изучению свойств трафарета для нанесения припоя в рамках Переиздания C стандарта IPC-SM-840. До появления Переиздания C средством проведения квалификационных испытаний была стандартная тестовая печатная плата IPC-B-25, описанная выше. На самом деле плата B-25 была большой и дорогостоящей, и только ее малая часть использовалась для проверки SIR с использованием трафаретов для нанесения припоев. Плата B-25 не была оснащена предохранительными линиями и на печатной плате были обнаружены некоторые дефекты.

В тестовую плату IPC-B-25A были включены два элемента гребенчатой структуры с платы IPC-B-24 и маркированы буквами E и F. Элемент D, взятый со старой платы B-25, идентичен элементам B/E. Этот элемент был включен для того, чтобы компании Bellcore (Telcordia) могли проводить квалификационные испытания материалов согласно NWT-TR-000078 или GR-78-CORE. Элемент C, Y-образный элемент военного образца, использовался для проведения сравнений результатов с обширной военной базой данных.

Варианты моделей:
С платой B-25A не было проведено никаких модификаций с момента создания оригинала, однако, некоторые специалисты разработали слои трафаретов для нанесения припоя, в том числе припойный трафарет с поперечной штриховкой, используемый для проведения различных оценочных испытаний.

Преимущества:

- Простая с точки зрения производства, и, следовательно, дешевая
- Включает все известные элементы, используемые для проведения проверки SIR и сопротивления электросмещения

- Результаты сопоставимы с результатами как В-24, так и В-25
- Признана годной тестовой платой для проведения проверок компанией Bellcore (и TR-78, и GR-78)
- Относительно простая с точки зрения подсоединений проводов и проведения самого теста
- Возможность выполнения проверки склеиваемости и диэлекрической прочности
- Хорошее средство для проверки воздействия припойного трафарета
- Лучшая модель элементов гребенчатой структуры по сравнению с платой В-25 (решены проблемы выбора мест проложения проводов)
- Y-образный элемент военного образца может быть использован для проведения сравнения с результатами квалификационных испытаний покрытий согласно MIL-I-46058

Недостатки:

- Не очень хорошее средство для проведения квалификационных испытаний всего процесса, так как плата не оснащена сквозными отверстиями или компонентами
- Твердый слой припойного трафарета при испытаниях показывает результаты лучше, чем при эксплуатации самого изделия

Стандартная тестовая плата IPC-B-36

Официальное обозначение:	Стандартная тестовая плата и узел IPC-B-36
Состояние:	Применяется в настоящее время
Основное использование:	Средство, годное для проведения проверок MIL-STD-2000A и J-STD-001
Прочее использование:	Широко используется при изучении вопросов очистки
Материал основания:	FR-4 для проведения квалификационных испытаний
Материал металлизации:	Неизолированная медь для проведения квалификационных испытаний
Элементы проведения проверки SIR:	10 Элементов проведения проверки SIR • Элементы гребенчатой структуры (4) – 0.006д. длина/промежуток, 3500 квадратов • Контактные площадки SMT (2) – 0.006 д. промежуток • Элементы, вписанные во внутренний периметр (2) - 0.006 д. длина/промежуток • Элементы, вписанные во внешний периметр (2) – 0.006 д. длина/промежуток

История создания платы:
Тестовая плата IPC-B-36 была разработана Билом Грофтом, DuPont, в рамках экспериментов по замене CFC, проводимых ассоциацией IPC в конце 1980х годов. Результаты исследований, проведенных при помощи данной платы, отражены в IPC-TR-580. IPC-TP-831 посвящен конкретно дизайну данной платы. Плата была двусторонней с множеством сквозных отверстий, и предназначалась для проведения проверок поверхностного сопротивления изоляции. Успех, достигнутый при тестировании альтернативных вариантов CFC (IPC-TR-580, -581, -582), привел к тому, что комитет Министерства Обороны США по разработке MIL-STD-2000 принял решение по использованию данного средства для проведения квалификационных испытаний новых флюсов или процессов очистки, применяемых в военной технике. Протокол квалификационных испытаний содержится в версии Приложении А стандарта MIL-STD-2000A, находящейся в архиве. Комитет МО США по разработке MIL-STD-2000 также принимал крайне активное участие в создании J-STD-001, и таким образом, плата стала считаться допустимым средством проведения испытаний также согласно и этому документу.

В 1995 действие MIL-STD 2000A было аннулировано без замещения; однако, использование платы В-36 продолжилось в целях удовлетворения требований военных контрактов, заключенных ранее. В то время как, согласно версии J-STD-001, действующей в настоящее время, разрешается использование других средств проведения испытаний, многие до сих пор используют плату В-36 для квалификационных испытаний, и будут продолжать ее использовать до тех пор, пока что-то лучшее ее не вытеснит (смотри раздел IPC-B-52). В большинстве случаев контактные пальцы платы покрыты золотом для обеспечения совместимости с торцевыми разъемами. Металлическое покрытие оставшейся части выполнено из чистой меди, но доводка поверхности может быть любой. Для обеспечения зазора в 0.005д. используется крайне ограниченное количество припойного трафарета.

Варианты моделей:

Тестовая плата пережила только одну известную модификацию. В самых ранних версиях B-36 припой наносился точечно на выбранные контакты шины элемента гребенчатой структуры. Данные точки толщиной в 0.003 д. вместе с толстым слоем меди в 0.002 д. приведут к тому, что зазор между компонентом LCCC, наложенным поверх них, и многослойным покрытием будет составлять 0.005 д. На практике выявлено, что данные точки не часто сохраняются до конца процесса, и тем самым приносят много проблем. Точечное нанесение припоя на медное покрытие было заменено на клеточное, при котором медь частично перекрывала многослойное покрытие, что крайне улучшало склеиваемость и характеристики самого процесса.

Обычное использование:

На практике плата IPC-B-36 используется для трафаретной печати с применением выбранной припойной пасты контактных площадок, монтируемых на поверхность, в четырех секторах платы. Безвыводные керамические кристаллодержатели (LCCCs), 68 I/O, без внутренних кристаллов, помещались на свои места и подвергались пайке оплавлением и последующей очистке. Испытания с платой проводились при таких условиях только при применении технологии поверхностного монтажа, если в процессе производства использовалось несколько технологий, то применялась пайка волной припоя и очистка. Хорошим справочным пособием по обработке платы B-36 является документ IPC-TP-1091.

Обозначение элементов:
Как отмечалось выше, плата B-36 оснащена десятью элементами, позволяющими провести проверку поверхностного сопротивления изоляции. Каждый элемент предназначен для двухполюсного измерения, с одной входной цепью и одной обратной для измерения тока. Каждая цепь с низким напряжением была полностью окружена предохранительной цепью с заземлением.

1. Элемент M1 – элемент гребенчатой структуры, расположенный в секторе D, 0.006 д. длина / промежуток, ~ 3500 квадратов. Используется для изучения воздействий остатков флюса или пасты под компонентами, устанавливаемыми с небольшим зазором.
2. Элемент M2 – контактные площадки, последовательно установленные в секторе D по технологии поверхностного монтажа, 0.025д. площадки на 0.050 д. центрах, ~275 квадратов. Используется для исследования остатков паяльной пасты между площадками, или взаимодействий остатков паяльной пасты с флюсом.
3. Элемент M3 – идентичен Элементу M1, но располагается в секторе C.
4. Элемент M4 – идентичен Элементу M2, но располагается в секторе C.
5. Элемент M5 – идентичен Элементу M1, но располагается в секторе A.
6. Элемент M6 – расположен во внутреннем периметре сектора A, 0.006 д. длина/промежуток, ~ 260 квадратов. Используется для исследования влияния флюсов или паст, находящихся под компонентами, устанавливаемыми с небольшим зазором, в труднодоступных местах для очистки.
7. Элемент M7 – расположен во внешнем периметре сектора A, 0.006 д. длина / промежуток, ~ 400 квадратов. Используется для исследования воздействий флюсов и процессов очистки в местах, где очистка не представляется трудностей.
8. Элемент M8 – идентичен Элементу M5, но располагается в секторе B.
9. Элемент M9 – идентичен Элементу M6, но располагается в секторе B.
10. Элемент M10 – идентичен Элементу M7, но располагается в секторе B.

Преимущества:

- Возможность использовать несколько технологий сразу – можно проводить одновременно испытания и паяльной пасты и пайки волной припоя
- Оснащена цепями заземления для защиты всех элементов, участвующих в проверке поверхностного сопротивления изоляции
- Относительно недорогая, включает и элементы, устанавливаемые по технологии поверхностного монтажа и сквозные отверстия
- Возможность сравнения результатов с результатами других проектов, в которых использовалась данная плата
- Получение достаточного количества информации о квалификационных испытаниях процесса производства, при использовании данного средства проверки
- Возможность тестирования воздействия очистки и блокировки флюса
- Отвечает тепловым требованиям
- Большее количество элементов отражает больше характеристик реального изделия
- Имеет некоторое количество припойного трафарета
- Может быть использована для проверки повторной пайки или пайки после ремонта

Недостатки:

- Трудна в эксплуатировании, если отсутствуют возможности использования технологии поверхностного монтажа (например, только пайки волной припоя)
- Припойный трафарет только в крайне ограниченном количестве
- В основном более дорогостоящий процесс проведения испытаний (стоимость всех подсоединений)
- Как правило, использование более дорогостоящих материалов и затраты на сам процесс изготовления
- Возможность различных вариантов размещения элемента гребенчатой структуры в 0.006 д. приводит к снижению дохода. Было бы лучше, если бы все элемент были расположены одинаково.

Общеизвестное использование, не соответствующее требованиям:

Плата В-36 использовалась оценки числа производственных процессов: склеиваемость элементов технологии печатного монтажа с компонентами LCC; воздействие дополнительного нанесения флюса при ручной пайке; сравнение процессов очистки, и т.д. LCC компоненты периодически заменяются на компоненты 68 I/O PLCC с J-образными выводами, для имитирования процесса очистки под компонентами, установленными с большим зазором.

Стандартная тестовая плата IPC-B-50

Официальное обозначение:	Стандартная тестовая плата IPC-B-50
Состояние:	Устарела, но имеется в наличии
Основное использование:	Исследование соотношения SIR IPC и Bellcore
Прочее использование:	Используется в некоторых циклических испытаниях SIR
Материал основания:	FR-4односторонний, 0.062"
Материал металлизации:	Медь без покрытия
Элементы проведения проверки SIR:	Четыре

- Элемент гребенчатой структуры Bellcore (1): 0.025 д. длина / 0.050 д. промежуток
- Элементы гребенчатой структуры платы IPC-B-24 (2): 0.016 д. длина / 0.020 д. промежуток
- Элементы гребенчатой структуры В/Е платы IPC-B-25: 0.0125 д. длина / промежуток

История создания платы:

В конце 1980х годов в мире проверок поверхностного сопротивления изоляции господствовали технические требования, выпущенные IPC и Bellcore. Многим производителям материалов (флюсов, припойных трафаретов) приходилось проводить параллельные испытания, одно для IPC, другое для Bellcore, чтобы оценить материалы. Рабочей группе по изучению SIR в сфере телекоммуникации, под руководством доктора Дункана Калвера из Bellcore, было поручено соотнести результаты испытаний IPC SIR, проведенные на материале платы IPC-B-24 с результатами, полученными при проведении проверки Bellcore SIR на образцах компании Bellcore или тестовой плате IPC-B-25 (элементы В/Е).

Изначально плата IPC-B-50 была названа «Феникс», выбор названия приписывают Д. Калверу, который утверждал, что каждый раз, когда казалось, что вопрос соотнесения результатов решен, он вновь возрождался, как птица Феникс, из пепла.

При проведении циклических испытаний рабочая группа успешно справилась с проблемой соотнесения результатов Bellcore / IPC, но, к сожалению, их труд никогда официально не издавался вне стен комитета. Так как плата В-50 была оснащена тремя основными элементами для проверки поверхностного сопротивления изоляции, она предназначалась для желающих использовать односторонний материал для его оценки.

Варианты моделей:

Сведений об известных изменениях компоновки схем первоначального варианта платы нет. Создавались разнообразные слои припойного трафарета, подходящие к этой плате. Наиболее распространенный вариант – это наложение трафарета с протравленными отверстиями поперек линий решетки, как показано на фото.

Стандартная тестовая плата IPC-B-51

Официальное обозначение: Стандартная тестовая плата IPC-B-51
Состояние: Применяется в настоящее время
Основное использование: Средство проверки SIR
Прочее использование: нет
Материал основания: любой
Материал металлизации: любой
Элементы проведения проверки SIR: Четыре
Элемент А: 0.016 д. длина / 0.008 д. промежуток
Элемент В: 0.016 д. длина / 0.012 д. промежуток
Элемент С: 0.016 д. / 0.016 д. промежуток
Элемент D: 0.016 д. длина / 0.020 д. промежуток

История создания платы:

IPC-B-51 создана на основе тестовой платы IPC-B-24. Одним из спорных параметров многих программ по изучению поверхностного сопротивления изоляции является градиент напряжения, применяемого к элементу, участвующему в проверке. Плата IPC-B-24 оснащена четырьмя идентичными элементами гребенчатой структуры с промежутком в 0.020 д. каждый. Во многих системах проверки SIR того времени применялось одно и тоже напряжение ко всем элементам проверки. Тестовая плата с одинаковыми схемами расположения выводов, но с различными расстояниями промежутков позволит исследователям изучить эффекты различающихся градиентов напряжения в одном испытании. Плата IPC-B-51 была разработана для достижения этой цели. Работа проводилась компанией Delco Electronics и передана в дар ассоциации IPC.

Варианты моделей:

Не существует модификаций платы с первоначального момента ее выпуска.

Стандартная тестовая плата и узел IPC-B-52

Официальное обозначение:	Стандартная тестовая плата и узел IPC-B-51
Состояние:	Применяется в настоящее время (Новая)
Основное использование:	Средство проведения квалификационных испытаний процесса
Прочее использование:	Инструмент оценки процессов изготовления и сборки
Материал основания:	по выбору производителя
Материал металлизации:	по выбору производителя
Элементы проведения проверки SIR:	Возможность размещения 16 тестовых элементов, 14 – в наличии, свободное место еще для 2.

История создания платы:

Многие тестовые платы, описанные выше, вполне подходили для испытаний основного материала, такого как многослойный пластик, флюс или припойный трафарет или простых аспектов некоторых процессов производства. Однако, большинство средств проведения испытаний, доступных на момент 2004 года мало подходили для действующего оборудования, или были способными провести проверку фактического количества остатков для определения уровня надежности печатного узла. Плата CSL Umpire (описанная ниже) больше всего соответствовала требованиям времени, но все же обладала некоторыми недоработками. Они были определены в процессе использования данной платы в квалификационных испытаниях при выяснении наиболее важных параметров, которыми должно обладать средство проведения испытаний. В связи с модифицированием J-STD-001, необходимость в создании эффективного электронного средства проведения квалификационных испытаний процесса сборки становилась все очевиднее.

Международная электротехническая комиссия (IEC), во многих вопросах дублирующая деятельность ассоциации IPC, также признало необходимым создать такое средство проведения испытаний, которое бы позволяло правильно оценить процесс электронной сборки, и считалось бы официальным средством проведения квалификационных испытаний. В Великобритании Национальной Физической Лабораторией (NLP) в качестве средства проверки поверхностного сопротивления изоляции была разработана плата IEC-TB57 (описанная ниже). В дальнейшем подобная плата была создана компанией GEN3 Systems Ltd. (бывшей Concoat Systems Ltd), также расположенная в Великобритании. NPL и GEN3 совместно создали значительную базу данных.

Сотрудничество IPC и IEC в сфере новых разработок средства проверки SIR продолжилось, за основу была взята плата TB-57.

- Схема расположения выводов оставлена прежней для соответствия уже существующими тестовыми установками
- Некоторые из компонентов были признаны лишними (например, некоторые QFPs) и исключены. Области, оставшиеся от исключенных элементов, были оставлены свободными, на случай, если будущие заказчики захотят использовать другие технологии, например, перевернутые кристаллы
- Самой маленькой незадействованной поверхностью платы TB-57 была область 0603, а компоненты области 0402 представляли главную технологию сборки
- Незадействованные компоненты платы располагались не на оборотной стороне платы TB-57, и были добавлены в B-52.
- Полностью заполненная плата TB-57 может быть очень дорогостоящей и может быть использована либо для проверки поверхностного сопротивления изоляции, либо для проверки содержания ионов, но не для обеих проверок сразу. Ожидаемым улучшением платы было бы добавление компонента с накоплением заряда, содержащего заблокированный остаток, который можно будет использовать для проверки чистоты, в то время как основная часть печатной платы будет использована для проверки поверхностного сопротивления изоляции. Такой компонент был добавлен.
- В результате нескольких обсуждений, проведенных комитетом IPC, было решено, что соответствующие пробные образцы, используемые как часть процесса сборки или квалификационных испытаний, проводимых производителем, принесут пользу. Были добавлены два дополнительных компонента, один для использования при изготовлении, другой – при проверке OEM/EMS.
- Последний дополнительный компонент был добавлен по запросу комитета IPC по оценке жесткости плат. Также был добавлен экспериментальный компонент, разработанный для изучения характеристик паяемости припойного трафарета.

Варианты моделей:

Два варианта модификаций были осуществлены Роквелом Коллинзом. Первоначальная модификация TB57 включала дополнительный компонент на боку платы, а также пробный образец для проверки паяемости трафарета, который стал предшественником элемента шахматного порядка, крайне необходимого рабочей группе D-31b IPC-2221/2222. Вторая модификация отодвинула дополнительные компоненты к концу платы для сохранения направляющих, необходимых производителю, что улучшило возможности производства. Некоторые свойства разъемов, устанавливаемых в отверстиях, были изменены для большего соответствия указанным компонентам. Пробный образец по запросу комитета IPC-2221 был добавлен.

Результаты первого исследования, проведенного при помощи данного средства проверки, были доложены Дугом Полсом на конференции IPC Apex в 2006 году. Его работа была включена в сборник Технических статей, участвовавших в конференции.

Общеизвестное использование, не соответствующее требованиям:

Плата IPC-B-52 стала доступной в момент публикации данного справочника.

Пробные образцы E и H IPC-2221

Официальное обозначение:	Образец E IPC-2221 Образец H IPC-2221
Состояние:	Применяется в настоящее время
Основное использование:	Сопротивление изоляции
Прочее использование:	Электрическая прочность диэлектрика
Материал основания:	по выбору производителя
Материал металлизации:	по выбору производителя
Элементы проведения проверки SIR:	по одному каждого вида

Из параграфа 12.4.4 IPC-2221:

Данные образцы используются для проверки сопротивления изоляции, объемного сопротивления, чистоты материала после воздействия на него повышенной температурой и влажностью в циклическом режиме при применяемом напряжении. Также образцы могут использоваться для проверки электрической прочности диэлектрика.

При проведении проверки элементов монтируемых на поверхность, возможно использование альтернативных образцов для оценивания, как сопротивления изоляции, так и чистоты неизолированной платы до и после проверки сопротивления припоя. Y-образный элемент образца E может служить полезным инструментом для оценивания чистоты и сопротивления изоляции. Как и в большинстве случаев, образец, располагаемый под устройствами, монтируемыми на поверхность, должен быть элементом гребенчатой структуры. На Рисунке 12-12 показаны некоторые комбинации элементов гребенчатой структуры, используемые для проведения оценочных испытаний пространства, предназначенного для поверхностного монтажа. Данные образцы и элементы могут быть объединены на свободном пространстве платы, или могут быть включены в качестве соответствующих образцов на панели. Если Y-образный элемент предназначен для размещения бескорпусного компонента, то его место должно оставаться свободным или заполненным таким образом, чтобы отражать чистоту/сопротивление изоляции неизолированной платы или всего узла (см. Рис. 12-13).

IPC-2221 Рисунок 12-12

IPC-2221 Рисунок 12-13

Средства проведения проверки поверхностного сопротивления изоляции, используемые в промышленности.

Проверки SIR в большинстве своих форм известны уже несколько десятилетий. За это время многие компании используют выбранные элементы средств проверки SIR, разработанные ассоциацией IPC, или создают свои собственные. Некоторые из этих разработок предоставляются ассоциацией IPC в формате Gerber. Другие существуют только в виде фотографий или схем в публикуемых документах, но также представлены в данном справочнике в качестве иллюстраций использования элементов, участвующих в проверке SIR.

Плата CSL Umpire

Официальное обозначение:	Плата CSL Umpire
Состояние:	имеется в наличии у Foresite
Основное использование:	Исследование технологии сборочного процесса
Прочее использование:	Изучение технологий производства
Материал основания:	комплект материалов по выбору производителя
Материал металлизации:	комплект материалов по выбору производителя
Припойный трафарет	комплект материалов по выбору производителя
Элементы проведения проверки SIR:	Всего 16

- Три тестовых элемента платы IPC-B-24
  - Без трафарета (взаимодействие многослойного материала / флюса) для соотнесения с результатами проверок SIR по J-STD-004
  - Трафарет, нанесенный полосками (проверка результата блокирования остатков)
  - Трафарет, нанесен полностью (воздействие флюса на свойства припойного трафарета)
- Ряд схем типа 0805 (1.0 Мом, 0.1Вт) – используется для проверки электросмещения и склеивающих свойств
- Ряд схем типа 1206 – те же характеристики
- Три кристаллодержателя – Используются для проверки качества паяльной пасты, легкоснимающегося латексного трафарета или пайки в целях устранения дефектов.
- Один тестовый элемент BGA с изолированным трафаретом (проверка остатков под BGA)
- Один тестовый элемент QFP с изолированным трафаретом (остатки под QFP)
- Один тестовый элемент LCC (испытания, связанные с очисткой поверхностей с малым зазором) – идентичен элементам, расположенным в секторе D платы IPC-B-36
- Один ряд элементов типа DIP (с двусторонним расположением выводов) для обработки сквозных отверстий (проверка формирования шва).
- Одно гнездо PGA – используется для исследования воздействий блокируемых остатков у гнезда
- Дополнительный образец, содержащий элемент Bellcore с трафаретом с перекрестной штриховкой – используется для проведения проверки SIR согласно Bellcore GR-78-CORE для сборщиков средств телекоммуникации
- Дополнительный образец, содержащий элемент сектора D платы IPC-B-36 – применяется в военной сфере и пользуется спросом у заказчиков IPC 3 класса для проведения квалификационных испытаний J-STD-001

История создания платы:

Данное средство испытаний было разработано Дугом Полсом из Лаборатории по изучению загрязнений (в настоящее время – Foresite) в 1998-99 годах в качестве платы, включающей улучшенные компоненты по сравнению с более простыми неизолированными платами, поставляемыми IPC или Bellcore. Целью было создание относительно недорогого средства, которое можно использовать для исследования проблем, связанных с загрязнением платы в процессе сборки.

Варианты моделей:

С платой Umpire была произведена одна модификация. Прототип отличается тем, что оснащен двуми 40-штырьковыми разъемами с одного конца платы. Последняя модель (Модификация А) имеет один 16-штырьковый разъем. Файлы формата Gerber по Модификации А имеются в наличии в IPC, у Дуга Полса, или в Foresite.

Преимущества:

- Представляет собой значительно улучшенную версию плат IPC, предназначенную для изучения материалов и процессов
- При ее изготовлении может быть использован комплект материалов, предоставляемый поставщиком OEM/EMS
- Единичный дополнительный образец может использоваться для соотнесения результатов с MIL-STD-2000A
- Вторичный дополнительный образец может быть использован для испытаний Bellcore
- Часть платы для проверки SIR содержит компоненты поверхностного монтажа, корпуса BGA и разъемы, так как эти элементы являются важными местами блокировки остатков.
- Плата предназначена для проведения проверки SIR
- Благодаря этой плате накоплено много знаний.

Недостатки:

- Плата требует установки специальных изолированных компонентов для выбранных элементов
- Компоненты SOT-23 не выполняют своей первоначальной заложенной функции
- Разработчик забыл первое правило о добавлении катушек сопротивления параллельно, таким образом, сопротивление микросхем, устанавливаемых печатным монтажом на оборотной стороне, при проверке поверхностного сопротивления изоляции составляет 1 мегаом.
- Емкость электролитического конденсатора влияет на время сигнала, и, в результате, образуются «странные» результаты измерений.
- Сложный процесс крепления платы для проведения испытания
- У поставщиков макетов микросхем в то время не было эффективной системы управления стандартными микросхемами (включая пористые кристаллы или шлейфовое соединение) и изолированными микросхемами (без внутренних соединений), поэтому некоторые узлы вызывали замыкание
- Это было выявлено после обнаружения оплавления корпусов BGA. В выбранном комплекте BGA 16 шариковых выводов расположены в центре, которые использовались только для передачи тепла, и, следовательно, короткое замыкание произошло внутри корпуса. Это внутреннее замыкание и вызвало замыкание платы при проверке SIR. До начала проведения сборки необходимо было удалить наплавление припоя на 16 выводах корпуса BGA.

Пробный образец GEN3 Systems Ltd.

Официальное обозначение: Пробный образец SIRTB-1 GEN3 Systems
Состояние: имеется в наличии
Основное использование: Проверка воздействий флюса/пасты и процессов очистки
Прочее использование: Изучение технологий прочих процессов
Материал основания: обычно FR-4
Материал металлизации: любой
Припойный трафарет отсутствует
Элементы проведения проверки SIR: Четыре

История создания платы:

Данный пробный образец был разработан GEN3 Systems Ltd. (бывшая Concoat Systems, Ltd.), Великобритания, как недорогое средство проведения испытания малого размера для проверки взаимодействия между выводами QFP и мелкомодульными компонентами.

Варианты моделей:
Нет

Преимущества:

- Недорогое средство испытаний, простое в изготовлении
- Низкая стоимость сборки, возможность размещения крупномодульных образцов

Недостатки:

- Припойный трафарет используется не всегда (но должен бы использоваться постоянно, как это показано на фото справа).

Пробный образец TB03 GEN3 Systems Ltd. / Concoat Ltd.

Официальное обозначение:	Пробный образец TB03
Состояние:	имеется в наличии у GEN3 Systems Ltd. и Concoat Ltd.
Основное использование:	Проверка воздействий флюса/пасты и процессов очистки
Прочее использование:	Изучение технологий прочих процессов
Материал основания:	обычно FR-4
Материал металлизации:	любой
Припойный трафарет	по выбору заказчика
Элементы проведения проверки SIR:	Четыре

История создания платы:

Данный пробный образец предназначен для проведения проверок характеристик новых материалов.

Варианты моделей:
Нет

Преимущества:

- Недорогое средство проверки, простое в изготовлении
- Низкая стоимость сборки, возможность размещения крупномодульных образцов

Тестовая плата Georgia Tech ARPA ETC96

Официальное обозначение:	Плата Georgia Tech ARPA
Состояние:	нет в наличии
Основное использование:	Используется только для исследования водорастворимых флюсов
Прочее использование:	нет
Материал основания:	для исследования, обычно, FR-4
Материал металлизации:	медь, олово-свинец
Припойный трафарет	сухая пленка и LPI
Элементы проведения проверки SIR:	Два элемента гребенчатой структуры для проверки SIR

История создания платы:
В 1995-96 годах доктор Лаура Турбини из Georgia Tech проводила работу по анализу воздействий различных флюсов, в основном водорастворимых, на очистку. Работа финансировалась из фонда Агентства современных исследовательских проектов (ARPA). Окончательный отчет о полученных результатах содержится в Национальной системе сбора технической информации (NTIS).

Варианты моделей:
Нет

Преимущества:

- Плата представляет собой эффективный комплекс нескольких технологий и предоставляет возможность исследования многих аспектов, связанных с надежностью узла, без проведения самой проверки поверхностного сопротивления изоляции
- Содержит многослойный материал, припойный трафарет и металлизацию (HASL), наиболее распространенную для того временного периода.
- Является частью эффективной тестовой установки

Недостатки:

- С точки зрения одной только проверки поверхностного сопротивления изоляции только очень малая часть данной платы задействована в проверке SIR.

Тестовая плата Sandia LRSTF

Официальное обозначение:	Тестовая плата, предназначенная для изучения процесса пайки с низким содержанием остатков
Состояние:	не используется
Основное использование:	Исследование процесса пайки с низким содержанием остатков
Прочее использование:	нет
Материал основания:	FR-4, BT-эпоксидный, полиимид
Материал металлизации:	олово-свинец
Припойный трафарет	нет
Элементы проведения проверки SIR:	Элементы проверки SIR отсутствуют

История создания платы:

В начале 1990х годов у многих военных подрядчиков было желание использовать новые (на тот момент) слаборастворимые флюсы с низким содержанием остатков и не применять процесса очистки при сборке платы. Такой подход противоречил общепринятым взглядам и опыту, накопленному десятилетиями, согласно которому нельзя оставить на поверхности платы остатки флюса, видные невооруженным взглядом, и при этом получить надежное изделие. Некоторые сектора коммерческой отрасли промышленности успешно перешли к производству без очистки в качестве альтернативы флюсам RMA с высоким содержанием остатков и процессу очистки химикатами, истощающими озоновый слой, такими как фреон.

Для того, чтобы убедить Министерство обороны США в том, что эта новая технология может быть использована при изготовлении высококачественного военного оборудования, был создан промышленный консорциум по формированию необходимой базы данных по испытаниям. Средство проведения испытаний разрабатывалось с участием профессиональных проектировщиков плат из Texas Instruments, с применением данных, предоставляемых членами консорциума. Плата предназначалась для проверки влияния флюса с низким содержанием остатков в четырех вариантах: малое потребление тока при высоком напряжении, большое потребление тока при низком напряжении, в высокоскоростном цифровом оборудовании, в радиочастотном оборудовании. Технологические процессы проходили на нескольких рабочих площадках консорциума, а испытания проводились в лабораториях компании Sandia. (Sandia National Laboratories).

Результаты работы консорциума по осуществлению задуманных целей оказались успешными. Были выпушены многотомные отчеты о проведенных испытаниях. Также была сформирована база данных по проверке поверхностного сопротивления изоляции, но на материале более традиционной платы IPC-B-24, в качестве попытки соотнесения результатов проверки SIR с прочими функциональными данными. К сожалению, такого соотнесения результатов так и не удалось осуществить.

Варианты моделей:

Известно только об одной модификации данной платы. В прототипе платы происходило короткое замыкание в одной из силовых плоскостей, в результате чего на плате было прожжено отверстие размером в монету. Модель была исправлена и после этого плата функционировала нормально.

Общеизвестное использование, не соответствующее требованиям:

По нашим сведениям, данная плата использовалась только в рамках деятельности консорциум LRSTF. Иногда потенциальные заказчики пытались использовать данное средство для своих личных исследований, но очень быстро находили другие средства из-за вопросов стоимости. Плата LRSTF без изоляции стоила ~$200. Узел с установленными на нем компонентами стоил $1500 каждый (данные 1995г.). Для проведения испытания данного узла в полной мере необходим комплекс испытательного оборудования. По оценке компании Sandia минимальная стоимость оборудования для проведения испытаний с данной платой составляет $ 200 000.

Преимущества:

- Профессионально сконструированная плата
- Хорошая модель для исследования четырех секторов платы, сформирована превосходная база данных
- Содержала в себе большинство основных характеристик фактически существующего оборудования того времени

Недостатки:

- Невероятно дорогостоящая
- Необходимость использовать комплекс дорогостоящего испытательного оборудования для проведения правильного исследования

Стандартная печатная плата и узел IEC TB-57

Официальное обозначение:	IEC-TB-57
Состояние:	имеется в наличии
Основное использование:	Средство проведения квалификационных испытаний
Прочее использование:	исследования технологии обработки
Материал основания:	любой
Материал металлизации:	любой
Припойный трафарет	нет
Элементы проведения проверки SIR:	16

История создания платы:
Данная тестовая плата была разработана в Национальной Физической Лаборатории (NPL) в Великобритании, затем совершенствовалась в GEN3 Systems Ltd. (бывшая Concoat Systems Ltd.), расположенной также в Великобритании. NPL и GEN3 совместно создали значительную базу данных.

Варианты моделей:

Оригинал платы TB-57 (показанный выше) был модифицирован для соответствия основной плате проверки SIR IPC-B-52 таким образом, чтобы данные, содержащиеся в документации IPC и IEC, совпадали.

Преимущества:
- Наилучший образец передовой технологии SMT по сравнению со всеми остальными платами
- Предназначена для испытаний SIR
- Широкий спектр используемых компонентов

Недостатки:
- Требует использования специальных макетов компонентов без внутренних кристаллов
- Предназначена для подачи напряжения от источника ко всем элементами одновременно. Одинаковое напряжение должно подаваться ко всем элементам
- Более дорогое средство с точки зрения и платы и компонентов

Плата SMTA Saber

Официальное обозначение:	Тестовая плата SMTA Saber
Состояние:	имеется в наличии в нескольких источниках
Основное использование:	Средство оценки технологии обработки
Прочее использование:	
Материал основания:	обычно FR-4
Материал металлизации:	обычно HASL
Припойный трафарет	любой
Элементы проведения проверки SIR:	один элемент, состоящий из пяти точек для проверки SIR

История создания платы:

Плата Saber, созданная Ассоциацией по изучению технологии поверхностного монтажа (SMTA) имеется в ассортименте в качестве средства проведения оценки с 1990х годов. Печатная плата представляет собой комплекс компонентов поверхностного монтажа и компонентов, устанавливаемых в отверстия, и чаще всего используется для оптимизации паяльной работы. Плата оснащена только одним элементом проверки SIR (5 точек), схожим с элементами плат Bellcore, располагаемыми под плоско-корпусными устройствами с выводами с четырех сторон. Выводы элемента выведены на поверхностные контактные площадки для присоединения проводов. Выводы расположены близко друг к другу, и при присоединении проводов нужно быть очень внимательным, чтобы не допустить залезания флюса на соседние контактные площадки. Тестовый элемент не соединен с выводами каких-либо компонентов, таким образом, не требуется использование специальных компонентов. Как правило, плата Saber недороже обычной платы без изоляции. Файлы формата Gerber имеются в наличии у нескольких поставщиков, и, следовательно, может включать любую комбинацию материалов.

Тестовая плата также может быть использована для проверки надежности паянных соединений, если используются компоненты, устанавливаемые последовательно. При этом нужно учитывать, что лицевая сторона платы – это зеркальное отображение оборотной стороны платы, и что установленные последовательно компоненты могут работать на лицевой стороне платы, а не на оборотной. Некоторые поставщики исправляют этот недостаток, некоторые – нет. Целесообразность установки компонентов – вопрос, на который сможет ответить только поставщик.

Y-образный элемент MIL-P-55110

Официальное обозначение:	Образец проверки соответствия MIL-P-55110
Состояние:	имеется в наличии
Основное использование:	периодическая проверка соответствия качества
Прочее использование:	
Материал основания:	идентичен материалу изготовления платы
Материал металлизации:	идентичен материалу изготовления платы
Припойный трафарет	идентичен материалу изготовления платы
Элементы проведения проверки SIR:	один Y-образный элемент

История создания платы:

Данный элемент в разных модификациях существует уже довольно долгое время. Промежуток между линиями Y-образного элемента является минимальным расстоянием, обнаруженным на изготовленном изделии. Чаще всего такие образцы проверки соответствия изготавливались для каждой серии изделий. Более известное чем проверка SIR его применение – это проверки диэлектрической прочности или испытания на электрическую прочность диэлектрика, но элемент также использовался в испытаниях на совместимость.

Пробный образец Bellcore

Официальное обозначение:	Пробный образец Bellcore
Состояние:	имеется в наличии у Telcordia
Основное использование:	средство проведения квалификационных испытаний флюса, пасты, трафарета, клея
Прочее использование:	исследование технологии изготовления
Материал основания:	FR-4
Материал металлизации:	медь без изоляции и олово-свинец
Припойный трафарет	определяется поставщиком
Элементы проведения проверки SIR:	один элемент, 4 замера во время испытания

История создания платы:

Данный образец существует уже долгое время. Он был разработан в лабораториях Bell Communications Research (Bellcore) в 1970х годах, представлял собой линии и промежутки, существовавших в то время. Элемент припойного трафарета с поперечными штрихами был использован, так как проверка поверхностного сопротивления изоляции была очень чувствительной, и часто выявляла недочеты в изготовлении трафарета или в процессе выравнивания припоя в нагретом состоянии (HASL). Каждый участок решетки/трафарета, размещенных в шахматном порядке, представлял собой места блокировки флюса. Было очень трудно постоянно соответствовать высоким уровням сопротивления по стандарту Bellcore до тех пор, пока не будут применяться процедуры качественной очистки и нанесения трафарета. Bellcore допускал использование элементов платы IPC-B-24 в качестве альтернативы своему пробному образцу, и поэтому применение пробного образца со временем сократилось.

Плата проверки SIR DELCO

Официальное обозначение:	нет
Состояние:	отсутствует в наличии
Основное использование:	исследование технологии изготовления
Прочее использование:	нет
Материал основания:	обычно FR-4
Материал металлизации:	олово-свинец
Припойный трафарет	LPI
Элементы проведения проверки SIR:	18, все встречно-штыревые решетки или контактные площадки

История создания платы:

Данная плата была разработана Delco Electronics, Kokomo, Indiana, и предназначена для изучения влияния флюса и процесса пайки на уровень поверхностного сопротивления изоляции. Промежуток решетки в 0.005 – 0.007 д. и поперечное расположение делало результаты очень многообещающими. Однако, с подсчетом квадратов было выяснено, что плата КРАЙНЕ чувствительна ко всем изменениям.

Тестовая плата со сквозными отверстиями Boeing

Официальное обозначение:	не известно
Состояние:	отсутствует в наличии
Основное использование:	средство проведения квалификационных испытаний
Прочее использование:	средство проверки технологий изготовления
Материал основания:	обычно FR-4
Материал металлизации:	олово-свинец
Припойный трафарет	по выбору поставщика
Элементы проведения проверки SIR:	по одному элементу под каждым DIP корпусом с двусторонним расположением выводов

История создания платы:
Данная плата использовалась специалистами компании Boeing для изучения процессов изготовления, проводимых субподрядчиками в 1980х годах. Под каждым из компонентов DIP проходят две параллельные линии. Поверхностное сопротивление изоляции замерялось на каждом элементе в двух параллельных рядах для изучения влияния флюса и недостаточности процессов очистки.

Преимущества:

- Дешевизна и возможность использования любого многослойного материала
- Включает как покрытые припойным трафаретом сектора, так и участки без покрытия
- Проверка уровня чистоты под компонентами, которая не часто проводилась в это время
- Возможность помещения конца проволочного вывода на место в процессе пайки при изготовлении, отказ от использования флюса для этой цели

Недостатки:

- Не отражает характерных черт современной технологии поверхностного монтажа

Тестовая плата NPL

Официальное обозначение:	NPL SMT4-CT97-2155
Состояние:	имеется в наличии
Основное использование:	средство проверки, разработанное консорциумом
Прочее использование:	нет
Материал основания:	FR-4
Материал металлизации:	в этом примере золото, при исследовании применялись и прочие
Припойный трафарет	нет
Элементы проведения проверки SIR:	четыре встречно-штыревые решетки, линии - 200µм, промежуток - 400 µм

История создания платы:

Средство проверки было разработано консорциумом NPL для изучения влияния применяемого напряжения, проверки SIR покрытий элементов и плат. Схема расположения выводов платы идентична тестовой плате IPC-B-24. Работа была опубликована NPL в документе NPL Reports CMMT(A) 119 & 120.

Средство проведения оценочных испытаний IVF Sweden IVF-1A

Позиция	Элемент платы IVF-1A
1	QFP144
2	PLCC68 (LCCC68)
3	Бескорпусные конденсаторы 0805
4	SO28
5	Свободный элемент гребенчатой структуры
6	Бескорпусные конденсаторы 0603
7	LCCC20 (или PLCC20)
8	Танталовый конденсатор 3528
9	Разъем под PLCC44
10	Сектор сквозных отверстий
11	BGA225
12	Свободный элемент гребенчатой структуры
13	Металлическая поверхность
14	Бескорпусные конденсаторы 1812
15	Элемент проверки паяемости
16	Элемент проверки паяемости
17	Элемент проверки паяемости

Официальное обозначение: IVF-1A (предоставлена доктором Пер-Эриком Тегехоллом)
Состояние: имеется в наличии у IVF
Основное использование: предназначена для изучения процесса пайки оплавлением
Прочее использование: не известно
Материал основания: любой
Материал металлизации: любой
Припойный трафарет нет
Элементы проведения проверки SIR: 14 для проверки SIR, 3 для проверки паяемости

История создания платы:

Компания IVF разработала первые тестовые платы для проверки поверхностного сопротивления изоляции в конце 1980х годов после принятия решения о постепенном свертывании программы CFC (крайним сроком, определенным в Швеции, был 1991 год). Первые тестовые платы содержали свободные элементы гребенчатой структуры и такие элементы под некоторые типы устанавливаемых компонентов. Более поздние платы были оснащены элементами, позволяющими проводить проверку SIR между местами паянных соединений и компонентов разомкнутого контура. Тестовые платы, изображенные на этой странице (IVF-1A и IVF-2A), были разработаны в 1995 году в рамкам проекта консорциума. Данные платы позволяли компаниям провести оценочные испытания влияния всего процесса производства на уровень сопротивления платы стандартной сборки. На самом деле, практически идентичная процедура исследования совместимости материала и процесса была представлена в документе J-STD-001A в 1996 году.

Идея заключалась в том, что процесс производства тестовых плат должен происходить точно таким же образом, как и производство настоящих изделий, с применением идентичных типов припойного трафарета и покрытия поверхности. В лучшем случае тестовые платы должны изготавливаться компанией-производителем самих изделий PCB. Одна плата была разработана для нескольких технологий, а другая только для компонентов, устанавливаемых поверхностным монтажом. Если на плату нанесен припойный трафарет, снижающий утечки тока, то предохранительные линии не устанавливаются. На иллюстрации показаны изображения оригиналов двух тестовых плат.

Варианты моделей:
Позже компания IVF разработала несколько версию данных плат для специальных целей, некоторые из них были оснащены элементами под компонент BGA.

Средство проведения оценочных испытаний IVF Sweden IVF-2A

Официальное обозначение:	IVF-2A (предоставлена доктором Пер-Эриком Тегехоллом)
Состояние:	имеется в наличии у IVF
Основное использование:	предназначена для изучения смешанных технологических процессов
Прочее использование:	не известно
Материал основания:	любой
Материал металлизации:	любой
Припойный трафарет	наносится с обеих сторон
Элементы проведения проверки SIR:	20 для проверки SIR

Позиция	Элемент платы IVF-1A
1	PLCC68 (LCCC68)
2	Монтируемый на поверхности разъем под PLCC44
3	Разъем под PLCC44, устанавливаемый в сквозное отверстие
4	SO28
5	Бескорпусные конденсаторы 0805
6	QFP 144
7	SO28 на расстоянии 0.5 мм
8	DIL16
9	Осевые резисторы
10	Сектор сквозных отверстий
11	Разъем, устанавливаемый в сквозное отверстие
12	Электролитические конденсаторы
13	Свободный элемент гребенчатой структуры
14	TO75
15	SO28
16	Свободный элемент гребенчатой структуры
17	Бескорпусные конденсаторы 1812
18	Бескорпусные конденсаторы 0805
19	Бескорпусные конденсаторы 0603
20	SOT89

Средство проведения оценки компонента BGA

Официальное обозначение:	нет
Состояние:	отсутствует в наличии
Основное использование:	оценка методов установки компонентов BGA
Прочее использование:	нет
Материал основания:	любой
Материал металлизации:	любой
Припойный трафарет	любой
Элементы проведения проверки SIR:	множество

История создания платы:

Это образец средства проведения проверки, разработанный поставщиком оборудования (источник неизвестен) и предназначенный для изучения влияния остатков под компонентами QFP и BGA. Элементы с встречно-штыревыми решетками использовались в одном из двух вариантов, показанных здесь. Решетки не были присоединены к каким-либо активным вводам/выводам компонентов, то есть компонент не играли особой роли.

Средство проведения оценки компонента DEC BGA

Официальное обозначение:	средство проведения оценки компонента DEC BGA
Состояние:	отсутствует в наличии
Основное использование:	исследование влияния остатков флюса под компонентами BGA
Прочее использование:	нет
Материал основания:	FR-4 для данного исследования
Материал металлизации:	олово-свинец
Припойный трафарет	LPI
Элементы проведения проверки SIR:	четыре элемента BGA для тестирования

История создания платы:
Данная тестовая плат была разработана Корпорацией цифрового оборудования (DEC) в качестве средства проведения оценки методов установки компонента BGA. Плата включает четыре компонента BGA (256 устройств ввода/вывода, расположенных по периметру), представляющими собой змеевидный контур с чередующимися линиями, как показано на рисунке справа. Схема расположения выводов предназначена для автоматической проверки. Проверка включает как проверку SIR, так и ионную хроматографию. Работа была опубликована в 1998 году в сборнике докладов конференции Georgia Tech Flux (автор Дуг Полс).

Прочие примеры

С годами пользователи стали использовать тестовые платы проверки SIR для проведения квалификационных испытаний, а также в других целях. Данный раздел содержит информацию о прочих вариантах использования элементов проверки SIR.

Плата с несколькими элементами

Официальное обозначение:	нет
Состояние:	отсутствует в наличии
Основное использование:	проведение квалификационных испытаний Bellcore
Прочее использование:	нет
Материал основания:	обычно FR-4
Материал металлизации:	HASL
Припойный трафарет	по выбору поставщика
Элементы проведения проверки SIR:	восемь тестовых элементов Bellcore (25/50), каждый из которых состоит из 5 точек

История создания платы:

Это вариант платы с несколькими элементами, использованный одним из производителей для периодического подтверждения соответствия своего изделия требованиям Bellcore по обеспечению чистоты (GR-78-CORE, раздел 14.4). Данное тестирование проводилось раз еженедельно или ежемесячно, что зависело от производителя. По требованиям Bellcore в наличии должно быть минимум восемь элементов, замеры каждого элемента должны быть проведены четыре раза, в общей сложности должно быть 32 замера. Четыре элемента на лицевой стороне чередуются с четырьмя элемента на оборотной стороне для осуществления проверки влияния блокируемых остатков HASL флюсов. Обычно в качестве метода установки выбирался метод жесткой фиксации.

Образец Ciba Giegy / Bellcore

Официальное обозначение:	не известно
Состояние:	не известен
Основное использование:	квалификационные испытания процессов производства плат со сквозными отверстиями
Прочее использование:	не известно
Материал основания:	FR-4
Материал металлизации:	неизолированная медь
Припойный трафарет	не определен
Элементы проведения проверки SIR:	в каждом образце по отдельному элементу проверки, содержащему пять точек

История создания платы:

Данное средство проверки использовалось в некоторых очень старых (доисторических) проверка Bellcore, и по нашим сведениям более не используется. На рисунке слева показан образец с несколькими элементами, а на рисунке справа увеличенное изображение элемента. Образец похож на классический образец Bellcore с длиной в 0.025 д. и промежутком в 0.050 д., но на каждой линии нанесены сквозные отверстия. Целью испытания было изучение состояния припойного трафарета между соседними сквозными отверстиями. Данное средство было разработано компанией Ciba-Geigy для проведения испытания Bellcore.

Средство проведения проверки Rockwell Automation

Официальное обозначение:	Тестовая плата FB “большая головная боль”
Состояние:	не известен
Основное использование:	средство проведения испытаний
Прочее использование:	изучение технологий процессов
Материал основания:	FR-4, но может быть любым
Материал металлизации:	обычно медь
Припойный трафарет	нет
Элементы проведения проверки SIR:	всего девять элементов

История создания платы:
Данная плата была разработана компанией Rockwell Automation в 1990х годах для проверки SIR различных флюсов и жидкостей, используемых при пайке. На лицевой стороне платы расположены классические элементы B/E проверки SIR платы IPC-B-25, а также ряд встречно-штыревых элементов с сквозными отверстиями для исследования влияния флюса, просочившегося сквозь отверстия в процессе пайки. Замеры производятся на участке между отверстиями и большим заземленным пространством. Оборотная сторона платы включает элемент под компонент QFP для проверки влияния остатков пасты.

Средство проведения проверки Group Technologies

Официальное обозначение:	нет
Состояние:	отсутствует в наличии
Основное использование:	квалификация процесса
Прочее использование:	изучение технологий процессов
Материал основания:	обычно FR-4
Материал металлизации:	золото
Припойный трафарет	разный
Элементы проведения проверки SIR:	всего 16 на панели

История создания платы:
Данное средство проведения квалификационных испытаний было разработано Group Technologies в начале 1990х годов, и предназначалось для изучения влияния паяльной пасты на участки между выводами и проверки эффективности процесса очистки. На фотографии слева изображена тестовая панель, которая обычно до начала проведения испытания разрезалась на отдельные части, но также могла и быть использована целиком. На фотографии справа изображен отдельный увеличенный образец, со встречно-штыревыми контактными площадками под поверхностный монтаж. При использовании элементы должны быть изолированы при помощи макетов компонентов без внутреннего кристалла.

Керамическое средство проведения проверки Lucent Technologies

Официальное обозначение:	Тестовое средство Lucent
Состояние:	отсутствует в наличии
Основное использование:	квалификация MIL-STD-2000A
Прочее использование:	нет
Материал основания:	керамика, обработанная при низких температурах
Материал металлизации:	олово-свинец
Припойный трафарет	тонкопленочная паста
Элементы проведения проверки SIR:	множество

История создания платы:

Данная плата была разработана в начале 1990х годов в Lucent Technologies. В те времена, способ квалификации процесса производства по MIL-STD 2000A заключался в выполнении испытаний, содержащихся в Приложении А руководства по плате IPC-B-36. Изделие компании Lucent не было похоже на плату IPC-B-36, и поэтому компания Lucent выступала против использования данной платы для проведения квалификационных испытаний процессов производства. Данное средство проверки, которое более соответствовало реальному изделию, разрабатывалось в качестве альтернативного средства квалификации. После долгого изучения и обсуждения специалисты военной программы утвердили результаты испытаний, проводимых с использованием альтернативных тестовых плат.

Неизвестное средство проведения проверки

Официальное обозначение:	нет
Состояние:	не известно / отсутствует в наличии
Основное использование:	исследование процессов
Прочее использование:	не известно
Материал основания:	FR-4
Материал металлизации:	золото
Припойный трафарет	LPI
Элементы проведения проверки SIR:	три 5-блочных элемента

История создания платы:
История создания и появление данной тестовой платы неизвестно, но данный пример является хорошей иллюстрацией тому, как элемент проверки поверхностного сопротивления изоляции может стать средством проведения оценочных испытаний. Каждый из трех встречно-штыревых гребенчатых элементов, изображенных в верхней левой части фотографии, имеют узкие межсоединения и промежутки. На оборотной стороне платы расположены четыре точно таких же элемента. В трафарете имеются окна для проведения испытаний образцов. Плата предназначена для установки компонентов путем жесткой фиксации.

Плата IPC-B-25A – средство проведения поставщиком квалификационных испытаний

Официальное обозначение:	средство проведения квалификационных испытаний трафарета для нанесения припоя Rockwell Collins
Состояние:	имеется в наличии
Основное использование:	Квалификационные испытания припойного трафарета возможными поставщиками
Прочее использование:	всевозможные оценочные испытания
Материал основания:	в большинстве случаев FR-4, также эпоксидная смола BT может быть использована
Материал металлизации:	любой
Припойный трафарет	по выбору поставщика
Элементы проведения проверки SIR:	4 элемента платы IPC-B-25A

История создания платы:
Данная плата – пример средства проведения квалификационных испытаний IPC, доработанного до панели большего размера для проведения квалификационных испытаний компаниями. В этом случае Rockwell Collins использовали тестовую плату для исследования технологических процессов, включающих нанесение многослойного материала, трафарета и металлизации, предлагаемых выбранным поставщиком. Для проведения проверки SIR линия, соединяющая элементы B-25A с контактными штырями может быть срезана.

Плата проверки контакта CSL

Официальное обозначение:	средство проверки контакта IPC-B-36
Состояние:	имеется в наличии
Основное использование:	проверка торцевого соединителя платы на наличие утечки до проведения проверки SIR
Прочее использование:	нет
Материал основания:	FR-4
Материал металлизации:	неизолированная медь
Припойный трафарет	нет
Элементы проведения проверки SIR:	10 – по одному на каждый канал платы B-36

История создания платы:
Во многих установках для проведения проверки SIR соединение между платой и оборудованием сбора данных осуществляется путем жесткой фиксации (припайка контактов), использования специальных зажимных приспособлений или торцевыми соединениями. При использовании последнего варианта значительные утечки тока могут проходить сквозь пластиковый корпус разъема. Единственным способом определить точное количество утечки – применить «устройство проверки контакта», в котором вместо тестовых элементов используются высокоточные резисторы. Схема расположения выводов устройства проверки контакта, показанного выше, совпадает со схемой тестовой платы IPC-B-36. В устройстве на месте каждого из десяти проверочных элементов платы IPC-B-36 установлено по одному высокоточному резистору.

Плата проверки контакта B-52 Rockwell Collins

Официальное обозначение:	средство проверки контакта RC B52
Состояние:	имеется в наличии
Основное использование:	проверка контакта
Прочее использование:	нет
Материал основания:	FR-4
Материал металлизации:	изолированное олово
Припойный трафарет	нет
Элементы проведения проверки SIR:	16

История создания платы:
Другой пример платы проверки контакта. На фото слева изображены 16 высокоточных резисторов для проверки каждого канала контакта Auto-SIR. На фото справа – та же плата, но уже с 24 проволочными датчиками, используемыми вместо резисторов. Все это может использоваться для проверки контакта, если будут установлены токоограничивающие резисторы. Полное короткое замыкание позволит установить значение токоограничивающего резистора. Согласно методике проверки контакта обе границы измерительного спектра должны периодически проверяться.

Средство проведения проверки CTS

Официальное обозначение:	нет
Состояние:	отсутствует в наличии
Основное использование:	изучение эффективности очистки под компонентами поверхностного монтажа
Прочее использование:	нет
Материал основания:	для этого исследования использовался FR-4
Материал металлизации:	для этого исследования использовали олово-свинец
Припойный трафарет	между контактными площадками нет
Элементы проведения проверки SIR:	16 одинаковых элементов – предназначены для автоматической проверки SIR

История создания платы:
Сборщикам EMS необходимо проводить проверки очистки или блокировки чистящих растворов под элементами поверхностного монтажа. Данная плата была разработана для подсоединения к 16 канальной плате автоматической проверки SIR, которая в принципе может быть проведена и в ручном режиме. Красными линиями отмечен один ряд штырей, к которому применяется напряжение смещения. Синим цветом отмечены линии обратного хода тока для замеров поверхностного сопротивления изоляции соседних рядов штырей.

Отдельный элемент проверки

Официальное обозначение:	нет
Состояние:	имеется в наличии у Kester
Основное использование:	предназначен для проведения испытаний
Прочее использование:	предназначен для проведения испытаний
Материал основания:	любой
Материал металлизации:	любой
Припойный трафарет	нет
Элементы проведения проверки SIR:	один – IPC-B-25 B/E

Пример изготовления классического тестового элемента, используемого для проведения квалификационных испытаний флюса и пасты, в качестве самостоятельного средства проверки. Многие тестовые элементы были изготовлены по такому же методу.

Обратите внимание, что специалист, проводивший испытание сделал два надреза между крайними контактными площадками. Это позволило исправить один из недочетов элемента B/E платы IPC-B-25 и устранить влияние флюса на участок фиксации провода.

Table of Contents

85

Figures

Tables

86

Surface Insulation Resistance Handbook

1 SCOPE AND DESIGNATION

Surface Insulation Resistance (SIR) testing has been with the electronics industry since the advent of the transistor and the printed board. It has been used as a tool for incoming inspection, materials investigations and qualifications, quality conformance, prediction of long-term failure mechanisms and as a predictive tool for estimated service life.

SIR testing is a quantitative and not qualitative test method and should be viewed as an essential tool that requires understanding in order to use properly.

Electrochemical reactions at or below the surface of electronic circuits will affect their SIR. These reactions require the presence of humidity, electrical bias and ionic contaminants. The VENN diagram shown in Figure 1-1 illustrates how these reactions may be influenced.

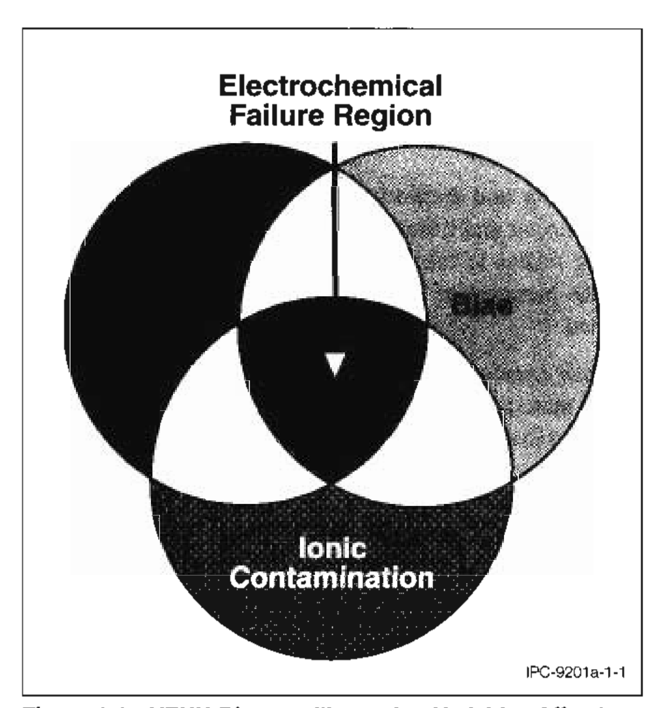


Figure 1-1 VENN Diagram Illustrating Variables Affecting Electrochemical Failure

Historically, SIR testing has been the subject of much technical argumentation; however recent science research has highlighted several significant issues that now demand modification to both this document and prevailing specifications. In particular, these are:

- Test conditions should be 40 °C, 93% Relative Humidity (RH) for no-clean regimes and 85 °C, 85% RH for other regimes.
- SIR Measurements should be taken at 20 minute intervals.
- The test voltage should be 5V.
- Voltage Gradient: 25V/mm.
- The test patterns should be 200 µm [0.0079 in] spacings and 400 µm [0.016 in] width.
- New Coupons should be employed for: Materials Characterization Testing.
- Process Characterization Testing.
- Current limiting resistors should be used by the measurement system so as to preserve any electrochemical reactions (dendrite formations) to aid any further analysis.

Furthermore, and resulting from the same research program, SIR can now be employed for process characterization as well as materials characterization testing.

The IPC 5-32b SIR Task Group was formed to undertake a mission of education and technical refinement of this testing into a better, more accurate and predictive tool.

1.1 Scope This document is intended to cover the broad spectrum of temperature-humidity (TH) testing, associated terminology, and suggested techniques for proper testing. This edition of the IPC-9201 has been revised in an attempt to reflect all international test specifications such as IEC and ISO.

1.2 Purpose The purpose of this document is to educate individuals who must deal with TH or temperature-humidity-bias (THB) testing. The target audience for this work ranges from the technicians running the test to engineers who must interpret the data, and those individuals responsible for specifications and standards that may call out these tests.

The guidance presented here represents the experience and technical input from many of the most knowledgeable testers in the IPC, and incorporates much of the science research that has been carried out since the document was first published. Although this handbook does not go into great depth on the underlying physics of many of the mechanisms found in SIR testing, there are references at the back of this document that may be helpful to those requiring substantiation of the issues involved.

TH and THB testing may also be related to other forms of testing, such as noise factor, corrosion testing, determination of bandwidth, characteristic impedance, etc.

1.3 How is SIR Testing Used? There are two ways in which this protocol may be used. The traditional use is in

the characterization testing of certain electronic production process chemistries such as solder masks, soldering flux, paste and wire, and conformal coatings. More recently, its use has been extended into process characterization testing, whereby the synergistic influences in the form of electrochemical reactions at each of the electronic assembly production process stages may be examined.

In general, TH or THB testing is done to show evidence of the loss of integrity or reliability in a materials system. Loss of integrity may include conformal coating or solder mask adhesion failure (less protection from the environment), decreases in dielectric strength, electrolytic corrosion, or electrochemical migration. Each of these may represent shortcomings in materials, manufacturing methods, or a susceptibility to a particular failure mechanism, which would not be desirable in the end product.

Various profiles are used to test specific failure mechanisms. The choice of cyclical or static environments, high temperature/humidity environments depends on what failure modes you are examining. Cyclical tests or TH tests examine materials properties and are often used to simulate an end-use storage environment. High-temperature/humidity tests are most often used to test for electrochemical migration or electrochemical corrosion. The high-temperature/humidity tests are also used to artificially age a materials system, simulating years of service by days of testing, in order to gain an estimate of the long-term service life of a product.

2 APPLICABLE DOCUMENTS

2.1 IPC[1]

IPC-A-24-G-KIT Surface Insulation Resistance - Gerber - KIT[2]

IPC-A-36-G Cleaning Alternatives Artwork[3]

IPC-A-52-G Cleanliness and Residue Evaluation Test Board[4]

IPC-TR-476A Electrochemical Migration: Electrically Induced Failures in Printed Wiring Assemblies

IPC-TR-580 Cleaning and Cleanliness Test Program Phase 1 Test Results

IPC-2221 Generic Standard on Printed Board Design

IPC-6012 Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards

IPC-TM-650 Test Methods Manual[5]

2.6.3.1 Moisture and Insulation Resistance, Polymeric Solder Masks and Conformal Coatings

2.6.3.2 Moisture and Insulation Resistance, Flexible Base Dielectric

2.6.3.3 Surface Insulation Resistance, Fluxes

2.6.3.7 Surface Insulation Resistance

2.2 Joint Industry Standards[6]

J-STD-001 Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies

2.3 International Electrotechnical Commission (IEC)[7]

IEC-61189-5 Method 5E02 Surface Insulation Resistance, Assemblies

2.4 American Society for Testing and Materials (ASTM)[8]

ASTM-D-263 Standard Specification for Chrome Oxide Green Pigment

3 SURFACE INSULATION RESISTANCE

3.1 Terms and Definitions One of the greatest sources of confusion and misunderstandings related to TH or THB testing relates to the terminology surrounding the science. For the purposes of this document, the following terms are defined.

Surface Insulation Resistance (SIR) – This is a property of the material and electrode system. It represents the electrical resistance between two electrical conductors separated by some dielectric material(s). This property is loosely based on the concept of sheet resistance (see ASTM-D-263), but also contains elements of bulk conductivity, leakage through electrolytic contaminants, multiple dielectric and metallization materials and air.

Note: Historically, SIR began as a material property to be measured on the base material, regardless of the test conditions imposed on the test specimens. As time progressed, the term "SIR testing" began to encompass all forms of TH testing. Present day usage of the term now refers to most TH, or accelerated aging tests, as SIR testing. The

1. www.ipc.org
2. Electronic artwork packages for fabrication test boards are available at www.ipc.org/onlinestore under "Artwork/Test Vehicles."
3. Electronic artwork packages for fabrication test boards are available at www.ipc.org/onlinestore under "Artwork/Test Vehicles."
4. Electronic artwork packages for fabrication test boards are available at www.ipc.org/onlinestore under "Artwork/Test Vehicles."
5. Current and revised IPC Test Methods are available on the IPC Web site (www.ipc.org/html/testmethods.htm)
6. www.ipc.org
7. www.iec.ch
8. www.astm.org

terms "SIR" and "TH" or "THB" are often used synonymously, although the latter is consider broader and encompasses more disciplines of testing than just SIR.

Moisture Insulation Resistance (MIR) – This is another term used in many cases to describe a THB test. For the purposes of this handbook, an MIR test is the intentional testing of a materials system in an environment where condensation is likely (cyclical).

Dendrites – These are the inter-metallic growths that are a result of electrochemical reactions. Dendrites offer a lower path of resistance to electrical current that may therefore migrate undesirably, between adjacent conductors. Refer to 3.1.1 for more detailed information and important cautionary notes. Figure 3-1 provides a visual example of dendrites.

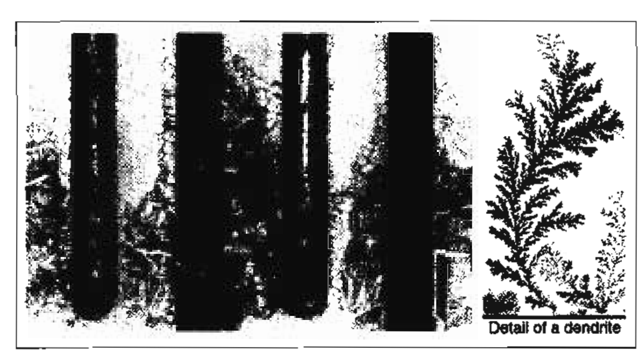


Figure 3-1 Dendrites Grown Between Oppositely Biased Conductor Lines

Materials System(s) – This refers to the entire test sample, usually consisting of two or more electrodes having various metallizations (copper or tin-lead), adhered to a dielectric surface, with some constant separation. The metal/dielectric may be covered or coated with a second polymer dielectric material, such as a solder mask or conformal coating.

Note: A tremendous number of manufacturing process variables will affect the properties of the materials system.

Relative Humidity (RH) – This refers to the amount of water vapor present in air at any temperature, relative to the total amount of water the air can hold at that temperature.

Note: An RH of 100% represents air that is saturated with water vapor. As temperature increases, the amount of water vapor that the air can hold increases. An RH of 50% at 85 °C represents far more water vapor content than an RH of 50% at 25 °C.

RH in SIR testing determines the thickness of the absorbed water surface film and, since organic materials are permeable to water molecules, the availability of moisture at internal interfaces. Below some critical RH, specific to the material system, electrochemical migration will not occur. Above this critical value, there appears to be a 10x increase in filament growth rate with every 10% rise in RH. Experimental results support the existence of an RH threshold for CAF growth below which significant filament growth was not observed (see Reference 12 in 10.1).

Conductive Anodic Filamentation or Cathodic Anodic Filamentation (CAF) – This is the growth of dendrites within the laminate or weave of a printed board. Refer to 3.1.1 for more detailed information and explanation.

Temperature-Humidity Testing (TH) – This testing regime subjects a material or material system to a set duration of temperature and humidity higher than ambient conditions, but without the application of electrical potential (voltage), except for when measurements are taken. Materials parameters (such as SIR) are measured before, during and after the test exposure.

Note: Present tests range anywhere from four days at 35 °C, 90% RH, to 56 days at 85 °C, 85% RH, depending on the intent of the test, or the specification which calls out such testing. The intent of this testing is to environmentally stress a material, and check for materials degradation.

New specifications are calling out two different conditions dependant upon the manufacturing process that the end user might adopt:

40 °C, 93% RH – This is necessary when assessing no-clean process materials, specifically solder flux

85 °C, 85% RH – This is used for all other process conditions where cleaning may be involved

The reason for the 40 °C, 93% RH method is because most no-clean flux residues begin to volatilise at temperatures above 40 °C (see Figure 3-12). If these remain on the surface, especially if conformal coatings are used, then they may well contibute to device failure, hence the need to test under "worst-case" conditions. In addition, this is the basis of many international standards where considerable supporting research is available.

Temperature-Humidity-Bias (THB) Testing – This testing regime subjects a material or material system to a set duration of temperature and humidity higher than ambient conditions. In addition, electrical potential is applied between adjacent electrodes of the test patterns. The level of applied potential varies, as does the duration of the potential, and the point at which the potential is applied.

Note: In present practice, the term "electrical bias" can refer to two different electrical potentials: electrification/measurement voltage, in which a voltage gradient is applied and the resultant currents are measured, and a non-measurement potential (bias voltage) applied to all test patterns whenever measurements are not being taken. These two terms are defined later.

Voltage Gradient (VG) – The ratio of the applied voltage (expressed in volts) to the separation of electrodes (expressed in mm), e.g., 25 Volts/mm.

The VG should be the same as the finished printed board assembly. Contrary to expectation (Ohm's Law), the lower the voltage the greater the propensity for dendrite formation. See Section 4 and supporting figures.

Electrification Voltage (EV)/Measurement Voltage (MV)/ Test Voltage (TV) – This is the electrical potential applied between adjacent connectors of a test pattern when measurements of resistance are made. By convention, this voltage should always be expressed as a negative number.

Note: Electrification (measurement) voltages have varied widely and evolved with advancing printed board technology. Early tests had EVs of 500 -1000 volts DC. As circuit densities increased, these levels exceeded the dielectric strength of the materials, initiating catastrophic dielectric failure. The IPC-2221 design standard limits the voltage potential between two adjacent conductors based upon the dielectric strength of the material. New research has shown that surprisingly, the lower the voltage, the greater the propensity for dendrites. See Figure 3-2 (Courtesy of the National Physical Laboratory (UK)):

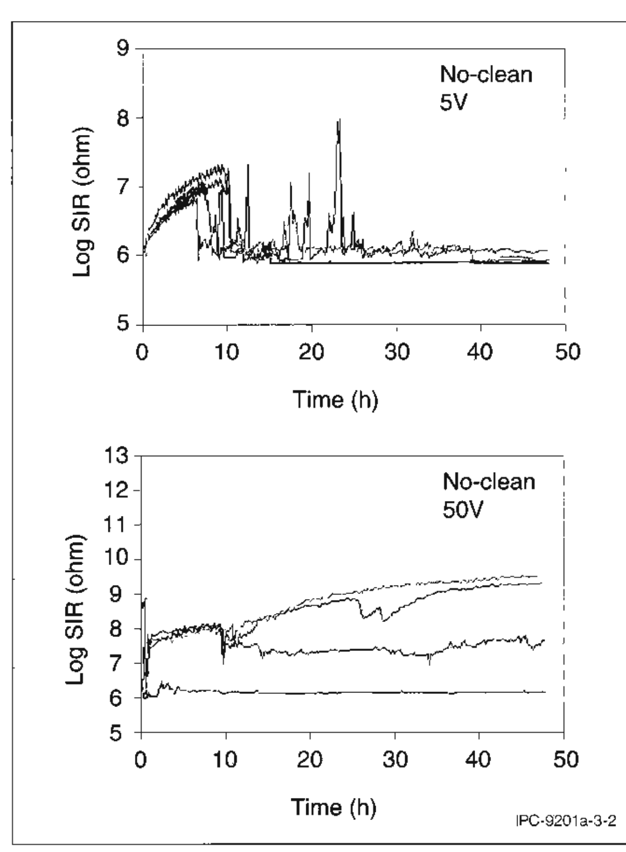


Figure 3-2 Propensity for Dendrites over Time

Electrification Time (ET) – This is the amount of time that the electrification voltage is applied before the resistance measurement is recorded.

Note: Electrification time could be any amount of time, but has historically been 60 seconds due to provisions of widespread military specifications. 60 seconds has typically been a sufficient time for the system to come to equilibrium, increasing the stability of the readings. The stability of the reading can also be affected by factors such as electromagnetic interference (EMI) and triboelectric charges generated by minute movements of insulated wires. Modern available measurement equipment is designed to be able to come to equilibrium in under one second.

Also note that it is essential to avoid electrical interference, and to minimize tribo-electrical effects.

Measurement Accuracy (MA) – Modern automated measurement systems are able to make readings to $<<10^{14}$ Ω. However the calibration of the measurement system is restricted to the accuracy of "known-value" resistors that is presently limited to this value.

Measuring at this pico-amperage level makes the entire measurement practice prone to false readings especially in respect to tribo-electrical interference. The quality of the cabling between the coupon under test and the measurement device is therefore critical.

Modern automated systems can now be used to make the measurements and collate the gathered data into useful SPC graphical forms.

Bias Voltage (BV) – This is the electrical potential applied between adjacent connectors of a test pattern at all times when resistance measurements are not being made. When the bias voltage is opposite in polarity with respect to the measurement voltage, it is often called "reverse bias." Bias voltage is expressed as a positive number. The rationale is that this voltage is applied longer than the measurement voltage, so the BV is positive and the MV is negative. To further complicate matters, if the bias voltage and test voltage are the same polarity, both are expressed as positive values.

The level of applied bias voltage varies and has historically evolved as has electrification voltage. Original levels in both military and commercial test methods ranged from 10-100 volts DC. Bias voltage and measurement voltage should be defined by either the test method or the standard requiring the SIR test. When SIR testing is done as part of an engineering evaluation, the bias voltage should be chosen as a representative of the voltages used on the final printed board assembly. The voltage gradient should also be a consideration in that selection.

Researchers/authors define the nonmeasurement electrical potential (bias voltage) as either a positive number or a negative number, depending on the convention they use, with the test or measurement voltage as a negative or positive, respectively. In any SIR related research the reader must take care to determine which convention is being

used. Neither convention is superior to the other. The only significant difference is whether a test point becomes the cathode or the anode.

Note also that bias reversal is not a true reflection of the operating conditions on a circuit, and this test condition has been removed from modern SIR standards.

Bias Polarity (BP) **–** This refers to the polarity of the bias voltage relative to the electrification voltage. By convention, if the polarity of the bias voltage matches the electrification voltage, the BP is positive, otherwise the BP is negative (or reversed).

Test Duration (TD) **–** This refers to the length of time the materials system is exposed to conditions other than ambient conditions or controlled ambient (at test start) conditions.

Research has shown that dendrites will likely form within the first 72 hours of test, and currently there is no evidence of dendrites beginning after that time. Consequently, specifications such as IEC 61189-5 state that testing should be done for a minimum of 72 hours.

Example 1: IEC-61189-5, Test Method 5E02. In this test, a coupon is used that incorporates many typical components and has been exposed to all of the planned production processes. A VG of 25V/mm is employed using patterns that have 400 µm [0.016 in] width and 200 µm [0.0079 in] spacing. This yields a TV of 5V and measurements are made at 20-minute intervals. Automated equipment must be used for this test and the ET is therefore automatically determined by the instrument. Test duration is not less than 72 hours.

Example 2: IPC-TM-650, Method 2.6.3.1. This is a THB test, in which SIR is measured at various times. The test substrate could be an epoxy-glass laminate, with tin-lead coated test patterns, covered with solder mask, as the materials system. It is a cyclical THB test which maintains a high relative humidity throughout. An electrification voltage (EV) of +500 volts DC is used for measurements. Electrification time (ET) is 60 seconds. Bias voltage (BV) is +100 volts DC. Bias polarity is positive since the bias potential is applied in the same direction as the electrification voltage. Test duration is 168 hours or seven days.

3.1.1 Metal Migration/Filament Formation A more in-depth discussion of metal migration, dendritic growth, conductive anodic filaments, electromigration and electrochemical migration may be found in IPC-TR-476A.

The terminology surrounding the migration of metals between cathode and anode under various test conditions has been a controversial subject in past discussions in IPC subcommittees. The primary issue has been defining these tests depending on the presence/absence of water, and the form of that water, in the testing.

Solid State Electromigration (Emg) **–** (See Reference 14 in 10.1.) Solid state metal electromigration is in contrast to electrochemical migration (see below). Electromigration is the current induced transport of metal ions in a metal conductor. Failures or degradation of electronic devices have been observed when thin film metal conductors (e.g., aluminum, gold, copper) have been subjected to current densities in excess of 10 A/cm^2, usually at elevated temperatures. In metal electromigration, the electrons, which are conducting current, scatter off self-diffusing metallic ions and impart momentum to them causing an ion flux toward the positive end of the conductor. Failure results from a divergence of the ion flux. The location of the failure is determined by where the maximum in the divergence occurs.

The ASM Electronics Materials Handbook (Vol. 1) defines electromigration as a mechanism of mass transport under the influence of an applied direct current (DC) bias that can cause the formation of voids in certain areas of the metallization and protrusions, or "hillocks" in others. Electromigration occurs at high current densities. This is a different mechanism than solid state electromigration, defined above.

Note: Electromigration differs from Electrochemical migration (see below) in that EMg occurs primarily in integrated circuits under dry conditions, where EcMg occurs on printed board assemblies under liquid/electrolyte conditions. Failure occurs when the metal filament grows across or through the dielectric material to the opposing electrode.

Electrochemical Migration (EcMg) **–** (See Reference 14 in 10.1.) Electrochemical migration is defined as the growth of conductive metal filaments on a printed board under the influence of a DC voltage bias. This may occur at an external surface, an internal interface, or through the bulk material of a composite (e.g., paper/phenolic laminate). Growth of the metal filament is by electrodeposition from a solution containing metal ions which are dissolved from the anode, transported by the electric field and redeposited at the cathode. This definition excludes phenomena such as field induced metal transport in semiconductors and diffusion of the products arising from metallic corrosion.

There are two distinct electrochemical phenomena. In one case, surface dendrites have been known to form from the cathode to the anode under an applied voltage when a contamination is present. When the conductors are tin/lead solder, the dendrites will be lead needles which form "tree-like" dendrites, and lead needles coated with tin, which form "lacy" dendrites. If the bias voltage is sufficiently high, and the dendrite bridges between cathode and anode, an electrical short is created, often with a momentary high current flow. This current flow can cause the fragile dendrite to partially vaporize, leaving a visual formation. A related electrochemical phenomena, called conductive

anodic filament (CAF), can arise if the bias voltage is great enough. Dendritic growth is a surface effect where CAF occurs primarily in the glass bundles of the substrate laminate material.

When a material or material system is tested in a humid environment, the water vapor can combine with ionic or inorganic contaminants, producing electrolytic solutions. Metals then migrate from anode to cathode across the surface of a material using the electrolytic solution as the carrier for the mobile ions. This is essentially a microscopic plating cell. The rate at which the EcMg occurs depends on the pH of the electrolyte, the ionic mobility of the ions, the anode-cathode spacing, the metals involved, and the magnitude of the electrical potential. EcMg testing is typically done at voltages ranging from 10 to 100 volts DC.

It is intended that EcMg specifically be related to the movement of metal ions creating filaments. If an electrolytic solution is present, ions (such as chloride) can flow from cathode to anode, creating electrical leakage currents, but not necessarily metal migration. In SIR testing, it is not typically possible to separate leakage currents due to metal ion movement from leakage caused by nonmetal movement.

CAF differs from the surface dendritic growth, described above, in three ways:

(1) The migrating metal is copper, not lead or tin.

(2) The filament growth is from anode to cathode.

(3) The filament is composed of a metallic salt, not neutral metal atoms.

In CAF growth, the copper base metal under the tin/lead solder is the source of the metallic ions which are electrochemically produced at the anode and migrate along the glass-resin interface. The most common anion observed in CAF growth is chloride (as determined by SEM/EDX), although bromide ions have also been observed. A model has been developed of the dependence of failure rate on temperature, relative humidity, and voltage (see Reference 11 in 10.1). CAF formation has been observed with voltages as low as 50 volts DC.

Electromigration Testing (EMg) **–** This is the testing of a material or material system using an applied electrical potential, ambient or elevated temperature, in a dry (RH<< 10%) environment.

Electrochemical Migration Testing **–** This is the testing of a material or material system using elevated temperatures, an applied electrical potential, and water vapor. This kind of testing is generally applied to solid state devices, sometimes in bare die form and sometimes encapsulated.

Note: It is generally agreed that the deposition of liquid water (not water vapor or steam), either by condensation on the test sample or by airborne water droplets, will invalidate this testing if the electrical test patterns are not protected by a polymer coating such as solder mask or conformal coating.

Rain Forest Test **–** This type of testing was developed by Dr. Jack Brous, Alpha Metals, and is a form of EcMg testing. A sample-loaded chamber is taken to a high temperature and humidity (near saturation), then shut off. Since the system is sealed, as the air cools, the temperature drops past the dew point, and liquid water will begin to condense on all surfaces in the chamber, including test samples. As all samples are electrically energized, dendritic growth will usually occur.

Dendrites **–** Defined in 3.1, this term applies to EcMg testing. Carbon tracks, often caused when the metal filaments conduct too much electricity and carbonize the board surface, are also sometimes mistakenly referred to as dendrites. Be aware that the term "dendrite" has a different meaning in metallurgical applications: A dendrite in metallurgy is a characteristic tree-like structure of crystals growing as molten metal freezes, the shape produced by faster growth along energetically favorable crystallographic directions. This dendritic growth has large consequences in regards to material properties.

Water Drop Test **–** This refers to a test where an electrical potential is placed on two adjacent unprotected metal patterns at ambient conditions. A drop of deionized water is then placed on the sample, bridging the two conductors. The leakage current is monitored, with the test running to failure.

Note: Pure deionized water is a poor conductor, since it has few charge carrying ions. If the test sample has contaminant materials, the DI water will tend to dissolve the contaminant, forming an electrolytic solution. The electrolytic solution then promotes leakage currents, and the electrochemical migration begins. In addition, carbon dioxide (CO_2) in the air can dissolve in the deionized water, forming ions which increase leakage currents.

3.1.2 Electrochemical Corrosion Most people are familiar with the concept of corrosion and oxidation, especially in the "snow belt" of the United States, where road salt corrodes the steel of cars. In these cases, an acidic solution is formed which dissolves the metal locally and combines the metal with oxygen to form an oxide, or with a surface contaminant to form a chemical salt. This occurs without the presence of electricity. The same thing, on a microscopic scale, can happen on a printed board. In this case, the presence of electricity can accelerate the corrosion mechanism. Figure 3-3 provides an example of electrochemical corrosion on a printed board.

Fluxes can contain harmful materials, such as halides or organic acids. Flux residues can dissolve in water, forming a weak electrolytic solution. Such solutions are often acidic in nature. The higher the amount of harmful residue, the

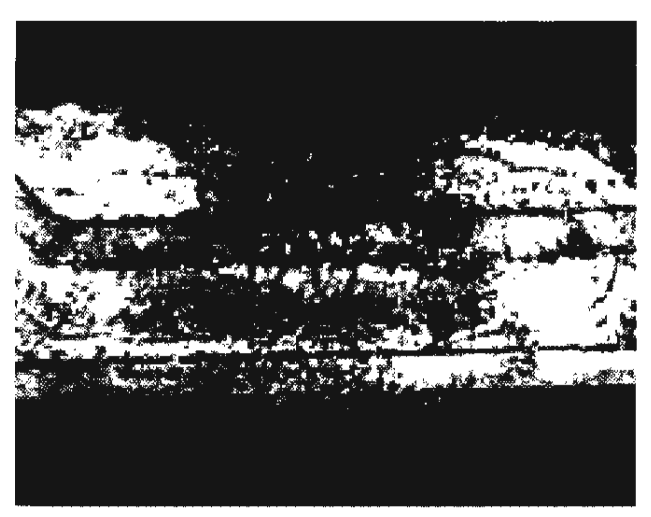


Figure 3-3 Example of Electrochemical Corrosion

greater the rate of attack on the metal of the circuit. An analogous situation would be the slow rate of corrosion of a weak acid, where the amount of harmful residue is small, compared to the fast rate of corrosion of a strong acid, where the amount of harmful residue is large.

In general, electrolytic solutions are only weakly ionic/acidic, and so it would take a long time, if left alone, for the solution to seriously affect the metal. The presence of an electrical potential can greatly accelerate the process. Much as a standard plating process is used to apply a metal surface to a substrate under the influence of electricity, an applied potential can cause a reverse plating operation (electropolishing). Copper or tin-lead can become ions in solution, leading to filament growth, or the metals can combine with surface residues, forming salts like copper chloride or copper sulfate.

If the solution is in contact with dissimilar metals, which are electrically connected (e.g., the boundary between a gold plated connector and copper or solder), an electrical cell is formed. The resultant current can provoke spontaneous corrosion.

3.2 Basic Concepts

3.2.1 Sheet Resistance Sheet resistance refers to the resistance to an electrical current by a homogenous sheet of material (very thin). The nominal resistance is equal to the resistivity of the material times the length or separation, divided by the cross sectional area:

$$R = \rho * L / A$$

Where ρ = resistivity,
A = cross-sectional area, and L = length.

Figure 3-4 shows the application of this formula when used to calculate the sheet resistance of a thin film of an insulating material. In this case, the cross sectional area is W*t. The formula then becomes:

$$R_{sheet} = (\rho_{insulator} * L) / (W * t)$$

Figure 3-5 shows the application of this formula when used to calculate the resistance of a metallic conductor. In this case, the cross sectional area is again W * t and the formula becomes:

$$R_{conductor} = (\rho_{conductor} * L) / (W * t)$$

Example: Two conductors, each 100 mm long (L), are separated by 10 mm (W) by a dielectric material that is 1 mm thick (t). A = 100 mm x 1 mm = 100 mm^2. Length = 10 mm. If the resistivity for the dielectric material was 1000 Ω/mm, the resistance between the two electrodes would be 100 Ω.

Note: The concept of sheet resistance is applicable to electronic conduction. Ionic conduction is not necessarily linear and Ohms Law may not be applicable in this case.

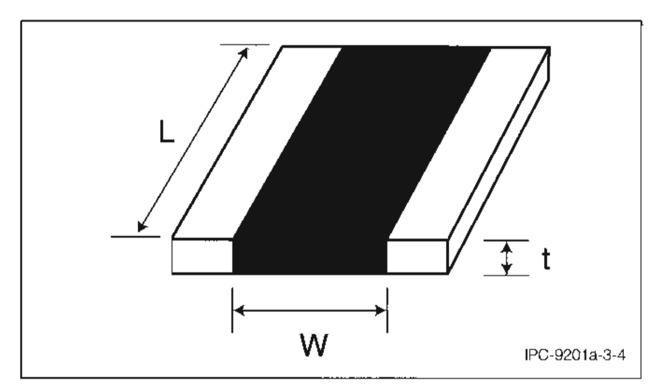


Figure 3-4 Sheet Resistance of a Thin Film (Gray Area Represents the Insulator)

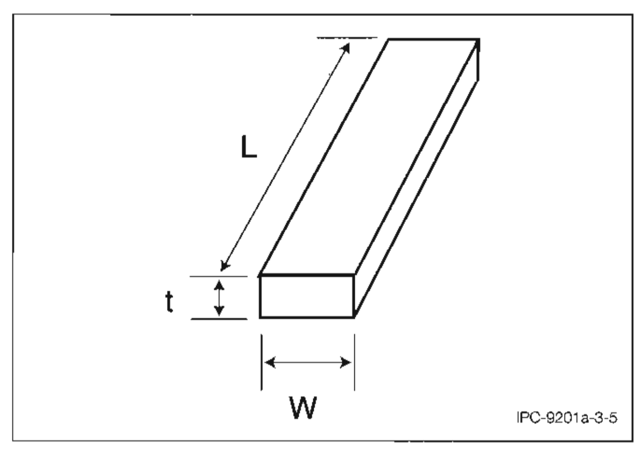


Figure 3-5 Resistance of a Metallic Conductor

3.2.2 A "Square" The concept of a "square" or normalization based on the number of "squares" is probably one of the most confusing aspects of SIR testing. It is related to the test electrode geometry, electrode separation, and substrate material. For an excellent coverage on this topic, the reader is referred to IPC-TP-831 (see Reference 1 in 10.1).

A "square" is not a cross sectional area, such as in^2 or cm^2. Two electrodes, each one inch long, separated by one inch, constitutes one square. Two electrodes, each one foot long, separated by one foot, constitutes one square, etc., as shown in Figure 3-6. The concept of squares is used to define a unit resistive element for a surface electrical pattern. This concept is based upon sheet resistance. Reference 1 in 10.1 explains this in greater detail.

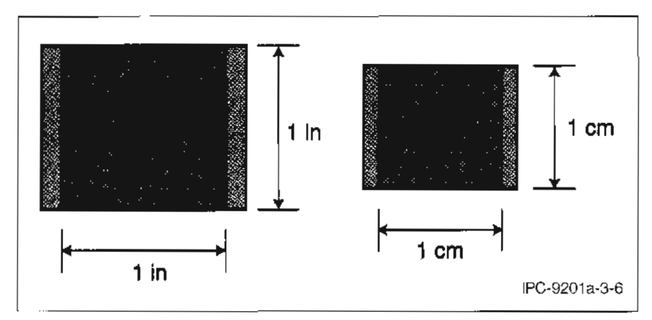


Figure 3-6 Concept of Squares

As noted in 3.2.1, the normalization may not be applicable to the precise interpretation of ionic conduction phenomena.

3.2.3 Series/Parallel Resistance Series resistance relates to the passage of electrical current through a series of resistances. The total resistance experienced is equal to the sum of the individual resistances encountered between high and low electrical potentials as shown in Figure 3-7. Parallel resistance refers to electrical current passing between high and low electrical potential by simultaneously passing through resistive elements which are not in series with each other as shown in Figure 3-8. The total resistance is the inverse of the sum of the reciprocal resistances.

$$R_{series} = R_1 + R_2 + R_3$$

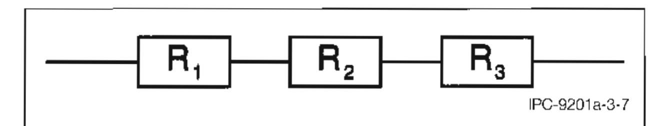


Figure 3-7 Total Resistance

$$1 / R_{parallel} = (1/R_1) + (1/R_2) + 1/R_3)$$

If we assume that R1 = R2 = R3, etc, then

R individual = (n) * R measured, where n = the number of squares

$$R_{parallel} = 1 / \text{Sum of Reciprocals}$$

3.2.4 Ohms Per Square Consider the separating spaces in an SIR test pattern to be "blocks" of unknown resistances, as in the Y-pattern illustration in Figure 3-9. The left-side portion of the pattern, where the separation is

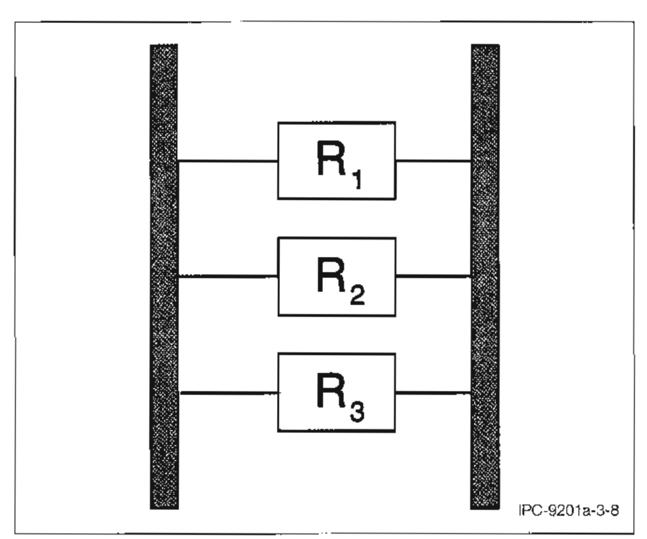


Figure 3-8 Parallel Resistance

greater than the 0.635 mm [0.025 in], is generally not included in the calculation of the number of squares. This pattern has 120 squares (see 3.2.4.1) or 120 blocks of unknown resistance, all assumed to be of equal value.

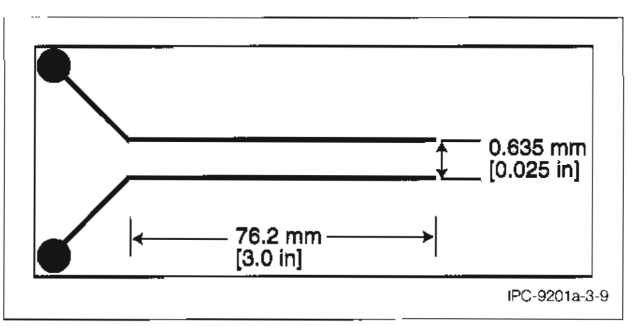


Figure 3-9 "Y" Pattern for SIR Testing

With a measured resistance of 100 megohms, then the individual unknown resistances must be 12,000 megohms (using the formula for the sum of parallel resistors and solving for R_x).

Ohms Per Square is an expression of normalized resistance. Since each "square" is a dimensionless unit, normalization of resistance data to an ohms per square value theoretically makes the data independent of electrode configuration/geometry, for electronic conduction.

The conversion of data to ohms per square has the underlying assumption that contamination is uniform across the entire test pattern, or that there is homogenous material at all points on the test patterns. Such an assumption might be the case when studying sheets of insulators or some other homogenous material, but the theory tends to fall apart when contamination is not uniform. An example might be a small spot of flux residue on a 3000 square pattern. Since electricity takes the path of least resistance, the leakage currents would flow through few squares containing the

flux residue, "ignoring" the other squares. Such an event violates the homogeneity assumption.

This is why the normalization of resistance to an ohms per square value is a questionable practice. There is the question of whether the contamination being studied is uniform or homogeneous. IPC round robin test programs have shown that the normalization is often a "hit or miss" proposition.

Example 1: Figure 3-10 illustrates a demonstration of the influence of varying amounts of flux residue that may be present on a circuit.

This shows the influence of different levels of flux on the SIR of a coupon as temperature rises under humid conditions. As would be expected, the lower the amount of flux residue, the less influence there is to the measured SIR. For example, in running a comparison of 6 ml of flux residue vs. 15 ml or 30 ml it can be seen that the SIR value drops dramatically with the larger amount of residue as the temperature and humidity increase until they reach a point where the residue reaches a volatilization temperature and starts to depart from the printed board, thereby permitting the SIR value to "improve."

Note also that this shows the volatilization of the flux residues as the temperture rises.

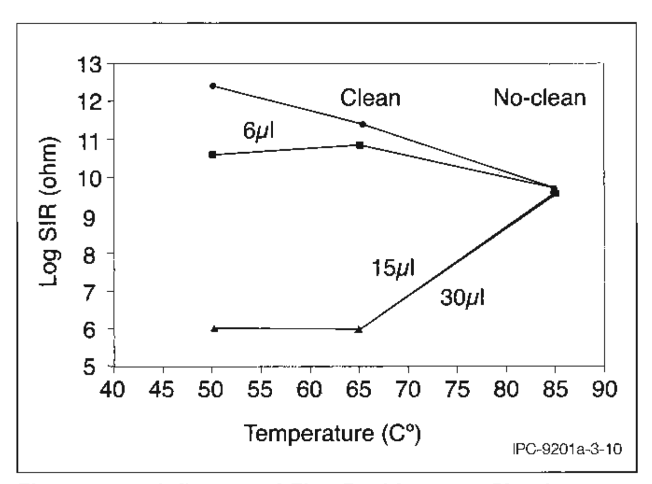


Figure 3-10 Influence of Flux Residue on a Circuit

Example 2: Within Figure 3-11 can be seen the scatter of results according to the coupon (pattern) design and the voltage gradient employed during the test. The figure shows that there is a strong dependence on the number of squares in the pattern, i.e., the gap between the tracks, and also on the applied voltage. With a lower voltage the SIR is lower, and with a higher voltage the SIR is higher. The control data is for a clean printed board, and here the results are independent of voltage. Hence it is more difficult to pass an SIR test with a lower voltage and a higher number of squares.

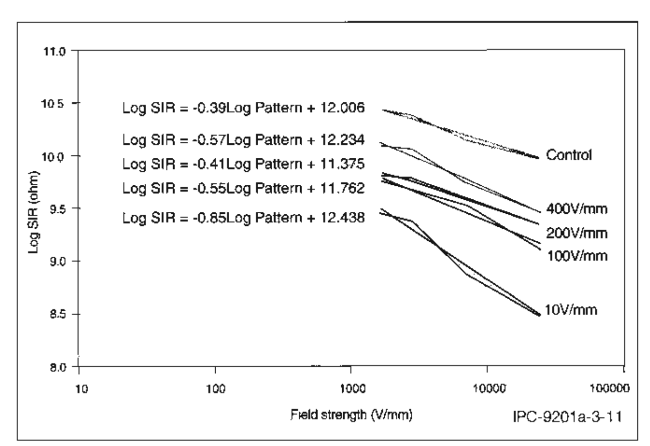


Figure 3-11 Scatter Results Based on Number of Squares

3.2.4.1 Examples of Square Count Calculations A wide variety of SIR test patterns can be found in Appendix C of this document.

1) **The Military Y Pattern**

   Consider the standard military Y-pattern shown in Figure 3-9 used for quality conformance. The length of opposing conductor face is 76.2 mm [3.00 in]. It is not necessary to count the length of both faces, only the common area.

   The separation is 0.635 mm [0.025 in]. Therefore, the number of squares would be: 76.2 mm/0.635 mm [3.00 in/0.025 in] = 120 squares.

2) **Simple Comb Pattern**

   Consider the simple comb pattern shown in Figure 3-12. The area of interlap is denoted by the shaded area. The overlapping area is 25.4 mm [1.00 in] in height. There are 16 sets of common overlap. Therefore, the total circuit length of opposing faces is 16 * 25.4 mm = 406 mm [16 * 1.00 in = 16.00 in]. The spacing for all segments is 0.635 mm [0.025 in]. The number of squares would be: 406 mm/0.635 mm [16.00 in/0.025 in] = 640 squares.

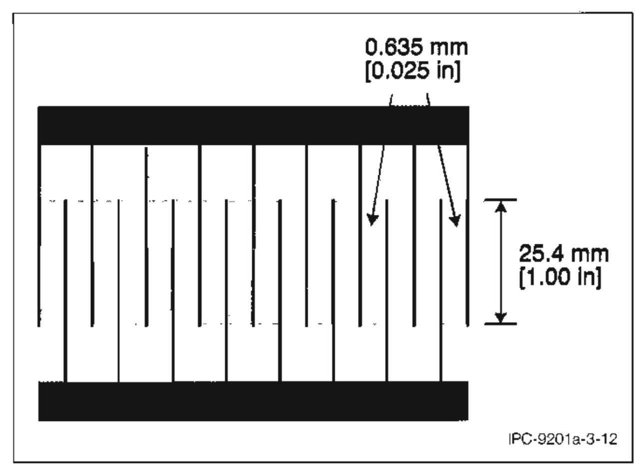


Figure 3-12 Example of a Simple Comb Pattern

For reference, the IPC-B-36 board comb patterns have a circuit length of 546 mm [21.5 in] and a spacing of 0.152 mm [0.006 in], for a nominal square count of 3583 squares. The IPC-B-24 board comb pattern has a circuit length of 518 mm [20.4 in] and a spacing of 0.508 mm [0.020 in], for a nominal square count of 1020 squares. The Bellcore pattern has a circuit length of 559 mm [22.0 in] and a spacing of 1.27 mm [0.050 in], for a nominal square count of 440 squares.

3) **Interdigitated Mounting Pads**
The third most common SIR pattern is interdigitated surface mounting pads as shown in Figure 3-13. Every other pad is grounded and you measure the SIR between pads for the whole set of pads. In this example, the individual pads are 1.27 mm [0.050 in] long and the spacing is 0.635 mm [0.025 in]. The amount of overlapping circuitry is 1.27 mm [0.050 in] * (16 overlap sites) = 20.32 mm [0.8 in]. The total number of squares would be 20.32 mm/0.635 mm [0.8 in/0.025 in] = 32 squares.

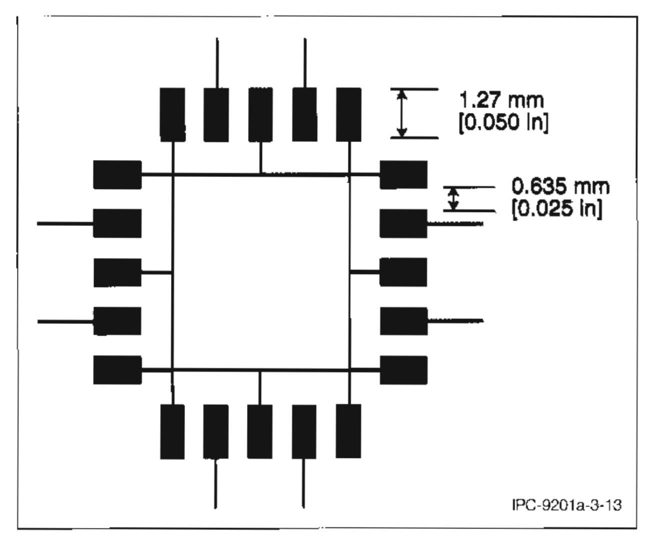


Figure 3-13 Interdigitated Surface Mount Pad

3.2.4.2 Use of Squares Information If the conversion of measured resistance to a normalized ohms per square is a questionable practice, as proposed earlier, why include it in this document?

Many technical specifications refer to the square counts of various patterns. The Bellcore TR-NWT-000078, for example, allows the use of an alternative SIR test pattern, provided that the alternative pattern has a squares count comparable or greater than the Bellcore pattern. Test reports (e.g., IPC-TR-580) sometimes list normalized data. So an explanation of squares and normalization was deemed appropriate.

Designers may ask the question of how large to design a test pattern, or how many "squares" to design into a pattern. The higher the square count of the pattern, the more sensitive the pattern will be to contamination. Going above 4500-5000 squares may make an SIR pattern too sensitive, and processes would have a difficult time passing using the historical pass fail levels found in IPC J-STD-004 or comparable military test standards. Going too low in squares count would lead to a situation which would pass except in cases of the grossest contamination.

Compare the comb patterns of the IPC-B-36 board (0.152 mm [0.006 in] lines and spaces, 3500 squares) with the comb patterns of the IPC-B-24 board (0.406 mm [0.016 in] lines, 0.51 mm [0.020 in] spaces, 1020 squares). In terms of board real estate area, the IPC-B-36 combs are smaller and more compact. The fine spacing (0.152 mm [0.006 in]) makes the comb very sensitive to contamination, but the compact size takes up a smaller area and so there may be a lower incidence of contamination. On the other hand, the IPC-B-24 is physically larger, offering more opportunity for contamination failures, but is not as sensitive.

3.2.5 Conduction Mechanisms The reader is encouraged to locate a good text from chemical engineering and read the sections on the dynamics of chemical transport.

In general, pure water is a poor conductor. As water becomes loaded with ionic materials, it becomes an electrolytic solution. The negatively charged anions and the positively charged cations serve to conduct electricity through the solution. The greater the level of ionic material present, the more current the solution is capable of carrying.

Deionized water is a very "hungry" solvent. It is desperate to pick up ions. Pure DI water (>10 megohm-cm and especially 18 megohm-cm) is corrosive in nature due to this fact. That is why metal piping cannot be used in DI water delivery systems, as it corrodes away. See Reference 6 in 10.1 for more details on DI water piping. Clean water, even if "deionized" will dissociate to some extent such that H^+ and OH^- ions will be present, though at very low levels.

3.3 Test Factors Affecting Results As indicated before, a tremendous number of factors can influence the results of an SIR test. Factors include materials parameters, the manner in which the samples were processed, how they were prepared for testing, etc. This section will deal with the factors related to testing setups and techniques.

3.3.1 Wiring The type of wire, wire insulation, wire attachment method, and wire positioning can and does affect test results especially when measuring at resistance levels greater than 10^{11} Ohms required by the latest specifications.

Types of wire can include solid or stranded wire, flat ribbon cable, standard single insulated wire, and shielded or unshielded coax cable. Some THB test setups use a smaller gauge wire (24-28 gauge) in order to fit more wires

through a cable port. Solid wire is more susceptible to breaking than stranded wire, but stranded wire can draw contaminants up under the insulation by capillary action.

The presence of some sort of shielding on the wire, such as with coaxial cable, can greatly decrease the amount of electrical noise in the measurements, but adds bulk to the setup. If coaxial cable is used, the shielding braid should be used only for grounding and must not be used to energize the test patterns or for routing the return current.

Wire insulation can be almost any polymer from polyethylene to polytetrafluoroethylene (PTFE). For SIR/THB testing, the insulation used should have a high dielectric strength, high insulation resistance, and should be halide-free. Polyethylene is typically inexpensive but has a lower resistivity than a PTFE, and is unsuitable at temperatures exceeding 50 °C. PTFE has excellent dielectric and insulating characteristics, such as low capacitance and dielectric constant, but is expensive, soft, and susceptible to damage and "cold flow." PTFE is usually the preferred material for most THB testing. PVC (a halide-bearing polymer), or other low grade polymers, should be avoided. These low grade polymers often degrade quickly under the elevated conditions of SIR testing, outgassing chloride and resulting in unacceptable leakage currents.

Wire attachment can be by soldering, crimped connection, alligator clips, edge card connectors, or spring loaded probes. Each has their advantages and disadvantages. Soldering (hardwiring) provides the most reliable connection, but also introduces contaminants (flux) into the test sample. If a failure occurs, was it due to the material system or the contaminants from the soldering? It should be noted that soldering should not be done inside of a test chamber to avoid contamination of the chamber.

Crimped connections are reliable, but are only good for one test, after which they must be discarded and the wires refitted with connectors. There are also very few crimped connectors for SIR testing and a wide range of test assembly configurations. Alligator clips would have to be passivated, either by gold or nickel plating. They may also fall off the test board during testing due to chamber vibration. A permanent fixture using spring loaded, gold-plated pins is reusable and noncontaminating, but is very costly to make and is cost effective only for larger volumes of a set board design.

Edge card connectors have the advantage of multiple uses, ease of test sample connection, and limited possibility of contamination. However, the test substrate must be designed for edge card contact fingers and connectors can often provide a path for leakage currents between contact fingers. Another disadvantage of edge-card connectors is the potential for oxide formation and the loss of contact (spring) pressure over time. For this reason, the connector fingers must be gold plated and periodically checked for open circuits (loss of contact pressure).

The immobilization of the wiring is important. As a dielectric material flexes, small currents are generated (triboelectric currents) from the stresses induced within the insulation material. Also, the rubbing of insulating materials against each other may generate an electrostatic charge. Because SIR measurements are often in the picoampere range, these triboelectric and electrostatic currents can skew the results. Even vibration of the wiring, as might be caused by a running chamber, can generate such currents. By fixing the wires in place, both relative to each other and relative to the chamber, these currents can be minimized.

3.3.3 Sample Orientation in the Chamber During exposure to elevated temperature and humidity, a test electrode, together with the dielectric material, will function as a capacitor. The capacitance is dependent upon the humidity absorption of the dielectric at any particular time. If the test boards are placed perpendicular to the chamber air flow, the humid air will directly impact the test specimen, increasing water permeation. Wind speed, direction, turbulence all affect the consistency of the RH in the chamber and so affect absorption. Since most air flow in a chamber also is from the humidity generator, where humidity is 100% towards the front of the chamber, where it is not, there will exist a wet wind as a forcing function. The less direct the impact of the blowing humid air, the less the direct absorption. This effect is more pronounced in uncoated test boards. If the test samples are placed parallel to the air flow, the permeation impact is decreased. Parallel samples also decrease the turbulence of the air, allowing the chamber greater control of temperature and humidity.

The orientation of the test boards should always be vertical as shown in Figure 3-14. This decreases the chance that water condensing on an upper surface of a chamber will drop onto the test patterns. If edge card connectors are being used, the cards should be suspended under the connectors to prevent accumulation of water or contaminants. If wires are soldered or crimped to the test boards, the wires should hang under the test sample, such that contaminant or condensed water will run down the wires away from the test boards.

3.3.4 Voltage The test voltages applied will often affect the levels of resistance observed. If a low level of voltage is used as the forcing function, the resulting currents are smaller and therefore more susceptible to noise and are consequently less stable. If a high level of voltage is used, especially on a pattern with narrow spacings, the voltage could exceed the dielectric strength of the material, causing arcing, corona, and sample carbonizing.

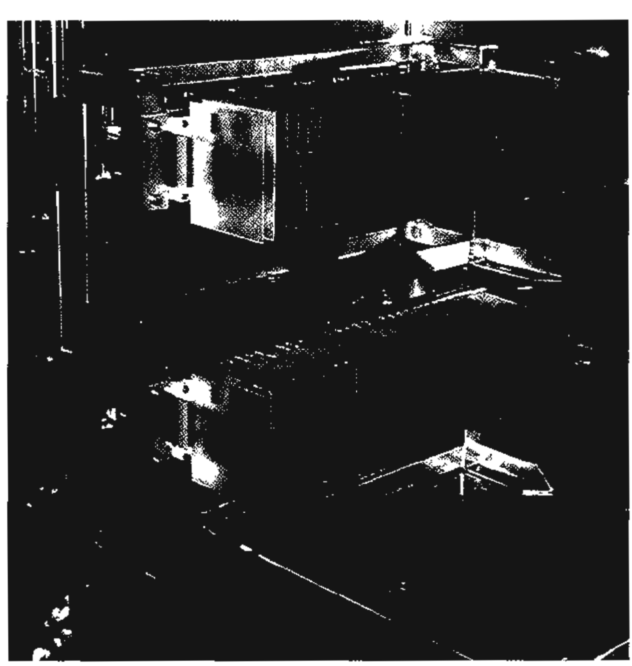


Figure 3-14 Example of Test Coupons Using A Rack System Mounted Inside the Test Chamber (Picture courtesy of Concoat Systems Limited)

The usage of an electrical potential, and the associated levels, is often determined by commercial or military specifications. Historically, due to large circuit separations and insensitive instruments, bias voltages were typically 100 - 500 volts DC. Electrification voltages ranged from 500 - 1000 volts DC. As printed board circuitry becomes denser, a test pattern, which is usually tied to the typical spacings of the manufactured assembly, will have smaller circuit separations. Present day bias voltages range from 10 -100 volts DC. Electrification voltages are 10 - 500 volts DC. Reference two outlines testing which showed that the decreased electrification voltages have not led to unstable resistance measurements. Typically, test specifications lag technology by several years, which can lead to electrical overstress.

Most electrical potentials used in THB testing have historically been direct current (DC) potentials. More recent experimentation has started to include the use of alternating current (AC). The usage of AC or DC depends on what failure mechanism is being tested for. A DC voltage is used to show failures by electrochemical and current leakage. An AC voltage is often used if the assembly is designed for AC functionality, or if the failure mechanism is expected to be failure of the dielectric material.

The voltage applied to test patterns affects the dendritic filament growth rates as shown in Figure 3-2. The quantity of metal deposited by electrolysis is proportional to the current carried by the metal ions. However, only a part of the current flow in the thin absorbed water film is due to such ions. Hydrogen ions are also present and there may be contributions from other conduction mechanisms (see Reference 12 and Reference 13 in 10.1). Hence the relationship between applied voltage and filament growth rate is not a simple one. Experimental work suggests that a half-power law applies - raising the voltage by 10x gives a 3x increase in filament growth rate.

3.3.4.1 High Voltage Testing Assemblies exist which have electrical potentials of thousands of volts between conductors. Such an assembly may be a high voltage power supply, or X-ray equipment. Low voltage testing, on the order of 50-100 volts, may be insufficient to detect fault mechanisms such as dielectric breakdown, which would occur at the higher voltages experienced in service.

Several precautions are required to get good results from high voltage tests. First, care must be taken to limit the energy of the breakdown arc. This can be done with standard circuits. If the energy is not limited, the board can be damaged (carbonized) by the arc. Second, dust and other debris can easily give false failures. If a breakdown occurs, carefully clean the board and then retest to assure that the failure is not a spurious result. Third, the test is easily confused by surface flashover. At 1000 volts, a surface arc will jump 0.254 - 0.38 mm [0.010 - 0.015 in] if the surface is smooth. This is further than air breakdown and arises because of a phenomena known as "dielectric enhanced breakdown." Such a condition often occurs when solder mask coverage is incomplete. Above 1000 volts, false failures from surface flashovers in the test fixture limits the utility of the test.

The disadvantage of high voltage testing is cost and speed. Generally, test sets capable of high voltage are costly. Standard semiconductor switching will not work and either high-power relays or special semiconductors are required. Capacitance and inductance effects also limit the rate of testing. The higher the voltage, the slower the test.

When properly done, high voltage testing is a good way to assure reliability for high voltage operation. However, it adds cost and should only be done where required by the end use of the circuit. As a practical matter, the test should be limited to 1000 volts DC. See Reference 5 in 10.1 for additional information on high voltage testing.

3.3.5 Test Temperature The test temperature can affect many factors, including the amount of water vapor in the air, the ionic mobility of electrolytic solutions, the rate at which plasticisers leave the printed board, etc. Historically, the "aging" of a printed board assembly was thought to follow an "Arrhenius" reaction rate, whereby every 10 degrees Celsius rise in temperature would double the aging rate.

Example: One year of tropical service (35 °C, 85% RH) could be approximated by 6 months exposure to 45 °C, 85% RH, three months at 55 °C, 85% RH, etc.

This hypothetical aging rate grew out of thermal aging studies using dry heat. It is unknown whether the humidity has a synergistic effect on the aging rate; but without humidity, many of the electrochemical reactions would not take place.

It should be noted that many contaminant materials which influence SIR levels may be removed from the test substrate at elevated temperatures, either through sublimation or evaporation of the contaminant. Conformal coating of samples will hinder such a loss of contaminant materials, hence coating over flux (no-clean) residues may actually exacerbate a problem rather than resolve it.

3.3.6 Test Humidity The test humidity affects the amount of water vapor present to produce electrolytic solutions with contaminants on a board surface. A low level of relative humidity in a test will generally not lead to electrochemical migration phenomena, whereas a high level of relative humidity will saturate a printed board, leading to more cases of electrochemical migration.

3.3.7 Rate of Change, Ambient to Elevated Most TH/THB testing requires a conditioning period at ambient conditions, prior to initial measurements. This conditioning period is based in part on ASTM measurement practices. In many cases, test samples may be stored in sealed containers, such as heat sealable bags. If processing fluids (such as water from aqueous cleaning) were entrapped with the test samples, it is desired that the test sample be allowed to equilibrate to a standard environment.

Following initial measurements, the test conditions must be changed from ambient to elevated conditions. The rate at which this change takes place can cause condensation on a test board, especially if the board has a large thermal mass. As the chamber heats up, the heating of the test specimens will lag behind the moisture laden air of the chamber (usually steam). If there is a great enough temperature difference between the test boards and the air, condensation can occur. Consider a cold can of beer on a hot summer day. Water condenses on the cold surface of the can from the surrounding atmosphere. In most specifications, the presence of condensed water on uncoated test patterns will invalidate the test.

The rate of change from elevated conditions to ambient conditions does not have this condensation effect as the test parts are usually hotter than the surrounding air, eliminating the chance for moisture condensation.

3.3.8 Test board Design Many factors related to the layout of the test patterns on a printed board can affect the test results. These include: line spacing, physical geometry of the test patterns, routing of the lands from test patterns to contact fingers, physical spacing of voltage application lines and current return lines, physical size of the test board, presence of guard traces, and surface topography of the laminate.

The latest specification revisions recommend the use of coupons that have been specifically designed to accommodate most if not all of the issues that are presented below and Appendix C contains a discussion on the strengths and weaknesses of available test vehicles.

a) **Line Spacing** This is the separation between electrodes. The spacing between electrodes will determine the maximum amount of voltage that can be applied to a test pattern. The maximum voltage should not exceed the dielectric strength (expressed in volts/mil) of the laminate material. IPC-6012 has requirements on the maximum allowable voltage based on dielectric strength. If the purpose of the testing is to critique production, the line spacings on a test pattern should be representative of the minimum spacing of circuitry on production boards.

   On the other hand, test boards used for wave solder evaluations should incorporate the minimum line widths and spacings not protected by solder mask to prevent bridging problems. If solder paste evaluations are being performed, stencils must be available for the test boards. Since it is rare that solder paste is applied to conductors (on production boards), printed board designs will have to consider spacings from land to land.

   For a given applied electrical potential, increasing the conductor spacing will increase the series resistance, thereby reducing the voltage gradient and reducing the current available for metal deposition and filament growth.

b) **Physical Geometry of the Test Patterns** Electromagnetic energy tends to concentrate at points or right angles. Test patterns having square corners or sharp points on the electrodes will generally have electrochemical migration initiate at these areas. Test pattern electrodes should have rounded corners wherever possible. Poor etching during printed board fabrication can lead to sharp points and produce the same effect.

   Figure 3-15 shows the design of interdigitated combs terminations. It also shows the growth of dendrites resulting from an SIR test and using back-lighting to the coupon.

   If the test pattern is large, such as a large comb (many interdigitated spaces), the pattern can act as both a capacitor and as an antenna, leading to dielectric charging and to electromagnetic interference, respectively.

c) **Routing of the Lands** If the land used to energize the test pattern is adjacent to the land used to return the current from the test pattern, cross-talk and leakage currents can arise, skewing the measurement. Measurement of the resistance should be across the target electrical pattern and not across the adjacent traces leading



Figure 3-15 An Example of Dendrite Growth

to the electrical test patterns. In practice, the routing of the voltage supply lands and the current-return lands should be separated as widely as possible, with intervening guard traces if possible. Care should be taken not to route the cathode supply line from pattern #1 along the anode supply line of pattern #2. This can cause errors if multiple patterns are being measured simultaneously.

d) **Guard Traces** This is one of the most important elements in designing and placing SIR circuitry. Guard traces are circuit lands used to isolate voltage-supply and current-return lands on a test board. In most cases, the guard traces are placed at a potential similar to the signal trace (often ground), and prevent leakage currents from entering the test measurements. In most cases, the voltage "leaking" from the voltage-supply traces to the guard traces does not significantly affect the test measurements. The use of guard traces ensures the measuring of resistance where it is intended, and not at some extraneous location. If in doubt, guard it.

e) **Physical Size of the Test Board** The size of the test board can affect the stability of readings. A small test board may respond more quickly to changes in temperature and humidity due to its lower thermal mass. Smaller boards are therefore more sensitive, but less stable. The reverse is true for larger boards.

f) **Location of the Test Patterns** SIR test patterns are of little utility if they are far away from the contamination effects you wish to examine, or do not represent the challenges to cleaning. For this reason, SIR patterns are typically placed in some of the following areas:

- Under large footprint devices. Comb patterns or parallel traces under a large device, such as an LCC or ASIC, can show the effects of entrapped flux in an area that is difficult to clean, or that is shielded from various process effects (e.g., spray cleaning that cannot penetrate under the device).
- Within the perimeter of a large component. If you had a 256 I/O ASIC device, mounted to surface mount pads, you could run a parallel set of traces around the inner perimeter of the footprint area. This would determine effects from reflowed solder paste flux, which may be forced back under the device during reflow.

Figure 3-16 and Figure 3-17 depict test boards designed with these concepts.

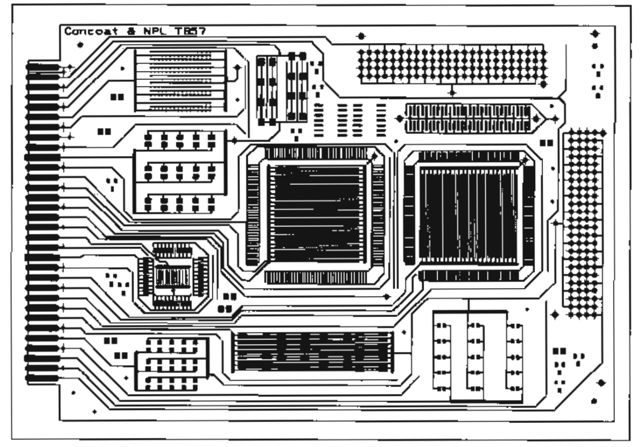


Figure 3-16 The IEC Process Characterization Test Coupon/Vehicle (From IEC 61189-5)

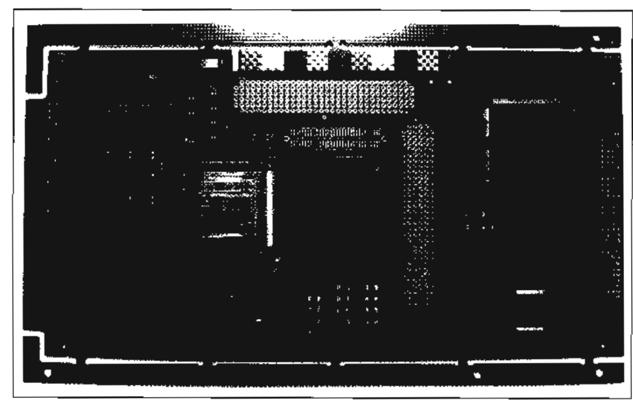


Figure 3-17 An IPC-B-52 Test Coupon/Vehicle Designed by the SIR TG

g) **Dummy Components** The presence of components on an assembly will, most likely, result in a greater concentration of trapped residues, especially when considering wave soldering techniques. For this and other process characterization tests, the use of dummy components is both useful and advisable.

It is essential that such dummy components be true "dummy" and not "scrap" devices. If a "scrap" device is used, the internal conductors and connections will certainly affect your test results; in accordance with Sod's (Murphy's) law, probably in a bad way.

3.3.9 Frequency of Measurement Historically, resistance measurements in an SIR test were made at set times, such as every 24 hours, or five times in a seven day period. Recent research and advances in SIR equipment design

have indicated that frequent monitoring of SIR levels may be the only way to catch electrochemical migration events during the testing. With frequent monitoring, it is possible to obtain a measurement for a test pattern every five minutes, as opposed to every 24 hours where valuable data as can be seen in Figure 3-18 may be lost. The use of frequent monitoring techniques is therefore strongly encouraged.

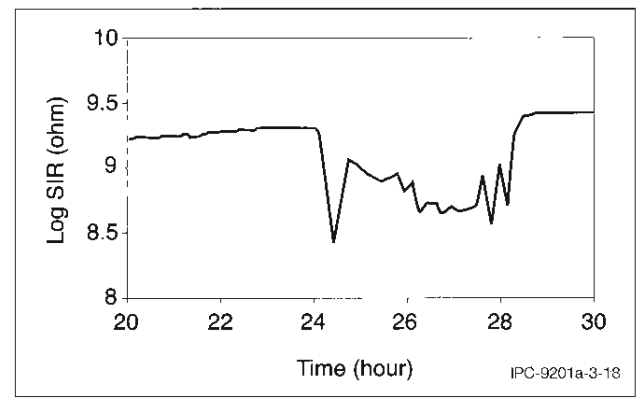


Figure 3-18 Temporary Reduction in SIR That Would be Missed by Infrequent Testing

3.3.10 Conformal Coating Some specifications require SIR testing on conformally coated samples. In general, conformal coating will limit any interactions between the humid test environment and the test patterns under the coating. The overall effect is a delayed reaction. Conformal coatings represent a physical barrier, but no conformal coating will keep water out indefinitely. Conformal coatings are all organic materials with water permeability coefficients. Conformally coated samples are often tested in a cyclical environment that promotes water condensation. The cycling of temperature causes a "pumping" action for water vapor. Longer testing (relative to an uncoated sample) may be needed for water vapor to interact with processing residues in order to initiate failure mechanisms.

3.4 Known Process Effects on SIR Levels Good SIR performance is related to high levels of cleanliness in the test sample. The ability to remove cleaning agents and other process residues is critical to achieving high SIR levels. If ionic contamination is not removed, it can become entrapped in ensuing operations, leading to lower SIR levels. There are also nonionic residues that can influence SIR, notably glycol and silicone surfactants that are commonly used in permanent solder masks and solder fluxes.

3.4.1 Precleaning If test substrates are precleaned prior to sample processing, the SIR levels generated will be attributable to the sample processing and not some preexisting contamination. Several precleaning methods are possible: pumice scrubbing with a brush and good rinsing, a chemical micro-etch, solvent cleaning, and/or aqueous cleaning. A final wash with isopropanol/water is recommended for any precleaning method. Running the samples through a bulk ionic contamination tester serves this purpose well. Samples should be thoroughly dried before being exposed to the test process or before SIR testing.

3.4.2 Developing Process Effects The method by which solder masks are processed can affect the SIR levels.

- ***Developing vs. No Developing*** – Test coupons that are developed and rinsed will typically have SIR levels 0.5 - 1.0 decades higher than test coupons which have not been run through the developer.
- ***Developing Process*** — A longer exposure to the developer solution will decrease SIR levels, due to the extended chemical attack fo the developer chemicals. This effect appears to be independent of developer chemistry. The use of sodium carbonate, potassium carbonate, or monoethanolamine as the developer chemistry does not appear to have any effect on SIR levels.
- ***Rinsing after Developing*** — The efficiency of the rinsing operation is critical. Higher water temperatures (45 - 55 °C) and longer rinse times serve to increase SIR levels. The water quality is also important. Deionized water rinsing is preferred over tap water rinsing. An extended soak (two minutes, 65 - 70 °C) after developing has been shown to improve SIR levels. In general, the developing process adds ionic contamination which can decrease SIR levels. Removal of ionic contamination is critical for good SIR performance.
- ***Post-Curing*** – If post curing is part of the mask's recommended processing, it is essential for good SIR levels.

3.4.3 Curing Effects Curing laminates, solder masks, conformal coatings, etc., increases the cross-linking of the polymeric structures. As the degree of cross-linking increases, the higher the insulating characteristics of the material, resulting in higher SIR levels. Most cure mechanisms in the electronics industry involve either ultraviolet (UV) light curing, a thermal cure (bake), or a combination of the two. Increasing the UV exposure or the length of the bake will generally increase the amount of cross-linking.

3.4.4 Hot Air Solder Leveling (HASL) The HASL process is typically harsh, raising a laminate and solder mask above the glass transition temperature (T_g) while the surface is soaked with flux. The greater the efficiency of the post-HASL cleaning process, the higher the SIR numbers.

It is generally agreed that the tin-lead deposition process in printed board fabrication is one of the biggest factors in the degradation of SIR values. Both HASL and tin-lead plating/fusing are generally done with chloride-bearing or bromide-bearing fluids that are difficult to remove after the reflow operation. The tin lead deposition process can drop SIR numbers by 2-3 decades (10^{12} to 10^{9}). Reference 3 in 10.1 is the Bellcore qualification document. The SIR pass-fail numbers of that specification are lower for tin-lead

coated boards than for bare copper boards. This reflects the effect that hot air solder leveling and associated residues have on SIR performance.

4 ASSESSMENT OF SIR TEST METHODS

Most TH/THB test methods fall into one of two categories: static temperature-humidity or cyclical temperature-humidity. Test methods are further differentiated according to the temperature extremes used. Temperatures under 40 °C are usually considered benign. Temperatures exceeding 80 °C are considered harsh.

4.1 Test Methods - General

4.1.1 Cyclical Test Environments There are presently two primary cyclical temperature-humidity environments in use today for evaluating printed wiring assemblies. Appendix B has a diagram for each method discussed.

- ***IPC-TM-650, Method 2.6.3.1 and Method 2.6.3.2 –*** These test methods are used for the evaluation of substrates under a potential condensing environment. The temperature varies from 25 °C, 90% RH to 65 °C, 90% RH. Ramp rates are 2.5 hours each, with a three hour soak at 65 °C, three cycles per day. The test time runs 20 cycles, or 6-2/3 days. Test patterns are biased throughout. Measurements are made at elevated conditions and at ambient conditions following the test. The reader is referred to the IPC-TM-650 manual for details on these methods.
- ***MIL-STD-202, Method 106 –*** This test method is similar to the one above, but only has two cycles per day. In place of the third cycle in the day, an eight hour ambient soak is used. In some cases, an exposure to -10 °C is included during the eight hour period.

The cyclic IPC method is used to test polymeric coatings such as solder mask or conformal coating. The changing temperature, under high humidity conditions, tends to facilitate the "pumping" of water in and out of the coating. The coating is always moist under these conditions. Harmful residues may cause electrochemical migration, electrolytic corrosion, or loss of adhesion (blisters) in the interface of coating to board material.

The MIL-STD method was originally designed to simulate storage and/or performance under tropical conditions. The two cycles simulated a morning and afternoon exposure under such conditions, and the long ambient soak simulated nighttime conditions in a tropical environment. The military method may be considered the more benign (though historically older) method.

4.1.2 Harsh Static Environments The cyclical test environments typically do not go above 65 °C and, if so, only for limited amounts of time. Some test methods require a constant driving force in order to accelerate electrochemical failure mechanisms. The constant humidity environments are typically used when test samples are not conformally coated.

The most common test method for the harsh static environments is IPC-TM-650, Method 2.6.3.3. This is a seven day exposure to 85 °C, 85% RH, under an imposed bias. This exposure theoretically simulates a year of tropical service for every week of chamber testing. This is based on an Arrhenius reaction rate. The failures in this type of testing are most often electrochemical migration, electrolytic corrosion, and excessive leakage currents.

Research by Dr. John Sohn, formerly of AT&T, indicated that the higher temperature environments, such as the 85 °C, 85% RH, may drive off the residues that one desires to test by SIR. The primary material examined by Dr. Sohn was weak organic acids, which are generally activator complexes in water soluble fluxes and low solids (no-clean) fluxes (see Reference 7). This work was subsequently corroborated by the European Collaborative Research project conducted by the British National Physical Laboratory; Siemens, Berlin; the Irish National Microelectronics Research Laboratory and Lares Cozzi of Italy.

The reseach showed that virtually all "no-clean" flux residues volatilize at temperatures >40 °C, and recommended the specifications employ a 40 °C, 93% RH condition that has now been accepted into the majority of the latest international specification revisions. To illustrate this, Figure 3-11 shows the influnce of temperature against the amount of flux present on a coupon under test.

Another harsh static environment takes place in a steam environment, usually under pressures greater than atmospheric pressure. This is generally referred to as Highly Accelerated Stress Testing (HAST). It is one of the most extreme tests in use at the time of publication of this document. HAST testing is used primarily by automotive and aerospace companies.

4.1.3 Measurement Frequency As research has shown, frequent measurements are essential to avoid valuable data loss. This, coupled with the availability of modern automated measurement systems, renders the historic use of manual measurements redundant.

With manual measurements, frequent measuring is costly and inconvenient. For this reason, many old test measurements called only for daily or weekly measurements and represent "a snapshot in time." Such a measurement scheme will not pick up the transients in a system associated with dendritic growth. The number of measurements that can be practically made depends on a number of factors:

- Availability of personnel – manual vs. automated testing
- Necessary electrification times
- Number of samples

- Number of samples that can be tested at one time
- The nature and arrangement of the test equipment

Whatever the method of measurement, steps must be taken to ensure that there is consistency in the technique.

4.2 Description of Test Methods Appendix B shows a listing of many of the primary SIR test methods in use today. The list is not all inclusive as there are as many SIR test methods as there are SIR testers. Appendix B also includes several tables of SIR test environments and pass-fail criteria, used by the European community, as compiled by Eva Hellgren of Ericsson, Sweden.

4.3 Use of Salt Solutions Some of the published test methods for SIR and Electromigration testing involve the use of salt solutions in a desiccator to provide the necessary relative humidity at the test temperature. Typically, the test samples are placed inside the desiccator, with the wire leads passing through a port. The port is sealed with some sealing agent, usually an RTV potting compound. The desiccator is then placed inside an oven and the test commences. As with any method, there are advantages and disadvantages. Constant Humidity tables are found in most editions of the CRC Handbook of Chemistry and Physics.

Advantages:

- The desiccator forms a truly static environment.
- There is little chance of water condensing on the part.
- There is no concern with issues of air flow or sample orientation in the chamber.

Disadvantages:

- The desiccators are usually small, limiting the number of samples that can be tested at one time.
- The salt solutions, at elevated conditions, can contaminate the parts.
- If the test is long (1000 hours +), and the desiccator is not fully sealed, then the salt solutions must be periodically replenished, usually through a supply tube passing through a sealed port. It is difficult to hermetically seal a desiccator when wires must pass through a feed-through port.
- If testing at higher temperatures, there is heating within a sealed enclosure which is not a recommended practice.
- Lack of opportunity for the test samples to dynamically absorb water vapor and dry out, as might be seen in service.

4.4 Acceleration Factors In any discussion of accelerated aging tests, the question is inevitably raised on how to determine the accelerating effect of various environments. There are two basic models which have been proposed to determine acceleration factors: the Arrhenius model and the Eyring model.

4.4.1 Arrhenius Model This model is based on the logarithmic nature of chemical reactions. Simply put, for every 10 °C rise in temperature, the simulated test time is cut in half. One year of service/storage at 35 °C, 85% RH can be simulated by six months at 45 °C, 85% RH, three months at 55 °C, 85% RH, and so on. This should be used as a general "rule of thumb."

4.4.2 Eyring Model The Eyring model is based on a modified Arrhenius rate equation. Reference 9, Reference 10, and Reference 11 go into greater depth on these models. The Eyring equation is:

$$t2 = t1 \times \exp[(\varphi/K)*(1/T1 - 1/T2)] \times \exp[\beta* (1/RH1 - 1/RH2)] \times [A2*Ec2/A1*Ec1]$$

where:

t2 = Accelerated Test Time
t1 = Simulated Test Time
φ = Activation Energy in Electron Volts (eV)
K = Boltzmann's Constant (8.63×10^{-5} eV/K)
T2 = Accelerated Aging Temperature (K)
T1 = Normal Temperature (K)
β = Humidity Acceleration Constant
RH2 = Accelerated Aging Relative Humidity (%)
RH1 = Normal Relative Humidity (%)
A = Voltage Acceleration Constant
Ec2 = Accelerated Elec. Field in Corrosion Region (V)
Ec1 = Normal Electric Field in Corrosion Region (V)

In reference 9, the Low Residue Soldering Task Force made use of this equation to simulate a test time for an FMU-139 assembly. For a test environment of 80 °C, 40% RH, measurements made at 126 hours, 1260 hours, 1639 hours, and 2522 hours simulated storage conditions of one year, 10 years, 13.3 years, and 20 years, respectively. See Reference 10 and Reference 11 in 10.1 for details on the calculations.

5 SETTING UP FOR SIR TESTING

Setting up for SIR testing is a complex task, involving elements of fixture design, metrology, computer control, computer data logging, and system verification. Such efforts are not cost effective unless there will be a great deal of SIR testing done. The following elements should be considered in any SIR test development.

5.1 Data Acquisition and Associated Hardware In all SIR testing, electrical measurements are made. If no resistance measurements are made, the test is an environmental stress screening type of test, and visual assessments are performed.

The electrical measurements being made are very low level, on the orders of picoamperes or lower. Reference 4 in 10.1 is highly recommended as a primer to understand

some of the basic considerations about electromagnetic shielding, leakage currents, etc.

The instrumentation used to make measurements, and the electrical connections between the instrument and the test pattern, become critical. A variety of test instrumentation is on the market and covers a broad spectrum of capabilities. Sources for SIR test equipment can be found on the IPC website as discussed in 10.2.

Optimal Method:

- The optimal SIR test system has all cabling coming into an automated switching network, which switches the bias voltage and electrification voltages to each test pattern as needed.
- The network would switch patterns from normal ground into the meter for resistance readings.
- A separate voltage source and current reading meter would be used, rather than a single meter which does both.
- The current sensing meter can read currents as low as 10^{-15} amps.
- The instument incorporates a current limiting resistor in the measurement channel set at 1megohm and used to prevent dendrite destruction and facilitate subsequent electrochemical (dendritic) failure analysis.
- The instrument is under computer control and all data is computer logged.

Simplest: A single meter which applies a test voltage, reads the resultant current, and converts it to resistance. This device is typically called a megohm bridge. Test leads connect the meter to the external fixture and are usually moved from test point to test point by an operator. Earlier versions of the megohm bridges are completely analog, requiring an operator. While this approach represents the least possible capital investment and has been widely used, there are a number of disadvantages:

- Data can only be taken sequentially (one pattern at a time). For a large number of patterns, the labor time becomes substantial, and is not very exciting for the operator.
- These meters typically have no electromagnetic shielding and use unshielded leads. The electromagnetic fields generated in the lab and by the operator can skew the results considerably.
- High resistances equate to very low current levels which are susceptible to noise. Resistance measurements tend to be unstable at the top end of the resistance scale, and are often subject to operator interpretation. The typical top end for these types of meters are$10^{12}\Omega$.
- Values must be hand transcribed from the meter to notepad or computer.

Analog versions of the megohm bridge do not lend themselves to switching networks or computer data acquisition nets. More modern digital megohm bridges can be interfaced with other instruments and computers (e.g., GPIB) in a variety of protocols.

Practical Method: A more practical data acquisition setup avoids the shortcomings of the megohm bridges, but does not incur the high cost of total automation. Such a system has a switching element, a sensitive current meter or voltage source - current meter combination, and computer control. The interface between the switching network and the chamber-external fixture, must be of a plug-in variety, movable between test connections. The software to control the instruments and log the data can be simple and inexpensive, such as C or Visual Basic.

5.2 Fixturing The use of fixturing can improve the repeatability of an SIR test. Fixturing is highly recommended for any testing that is not a "one-shot" test. Fixturing is used to hold samples in place in the chamber, route electrical wiring, and provide an interface to an external data acquisition setup.

Fixturing needs to be constructed to withstand repeated ageing. It will be subjected to the same accelerated ageing conditions as the coupons under test and must not therefore contribute any contamination during the test.

Consequently fixtures are usually constructed of electropolished stainless steel, and employ gold plated connectors. Special cables, that must also survive repeated ageing, are used to connect the fixture to the measurement system. See Figure 5-1 for an example of a fixture set-up.

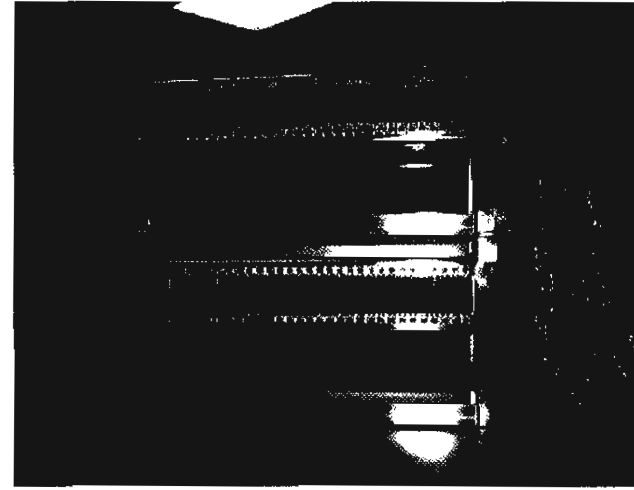


Figure 5-1 Example of a Test Fixture Set-up

5.2.1 Fixturing Internal to Chamber The fixturing used to hold the test samples and electrically connect the samples to the outside world can affect the accuracy of the measurements and the degree of chamber control. All fixturing which goes inside a chamber must be made of a

nonoutgassing, nonrusting, nonwarping material, such as PTFE, nylon, polyethylene, or stainless steel. Materials which oxidize or outgas, such as nonstainless steels, PVC, natural rubber, chlorinated plastics, or sulfonated plastics, should not be used.

Aluminum can be used provided that the aluminum is fully anodized after all machining is completed. Anodized aluminum fixtures should not contact any other metal in the chamber to avoid corrosion arising from contact with dissimilar metals.

When running cabling or wiring from the fixtures out through the chamber port, add sufficient wire to make a drip loop or goose-neck. Steam will condense at the chamber port and run back down the wire. If no drip loop is in place the condensed water will run back down onto the samples.

Tip: To help drain water from the wiring, tie a shoelace around the cable bundle. The condensing water will follow the shoelace.

5.2.2 Fixturing External to Chamber The exterior fixture is generally referred to as a "motherboard." The configuration of the motherboard depends on the complexity of the data acquisition system. Whatever the configuration, the motherboard and cables should be in a fixed position (immobile) to prevent the triboelectric currents generated by motion. If possible, the motherboard should be encased in a Faraday cage to cut down on electromagnetic coupling and electrical noise. The motherboard contains the terminations which mate with the data acquisition inputs. If a megohm bridge, with leads terminated with banana jacks, is used, the motherboard would be a series of banana plugs. Alternatively, the motherboard may hold edge-card connectors which mate to edge cards attached to a switching matrix. For an optimal system, the motherboard might be a series of BNC jacks which mate to BNC plugs attached to the switching matrix.

Naturally, the quality of the insulating materials must be compatible with the system. Example: If all of the wiring in a system is PTFE, the interior fixtures are PTFE, and all cables are shielded, it does not make sense to make an exterior plug-in fixture made of polyethylene as leakage currents in the low grade (less insulation) polyethylene would be expected. In this case, there would probably be a consistent resistant measurement, regardless of the chamber conditions (i.e., you are not measuring what you think you are measuring).

The fixture base material is not critical, but should be durable. Anodized aluminum (see 5.2.1) is recommended. In designing the external fixture, the fixture should be located away from the chamber port. Measures should be taken to provide drip loops in the cabling and plug the chamber ports with closed cell polyethylene. Such measures will prevent condensed water from affecting the measurements. An empty bucket placed under the exterior drip loop is recommended.

5.3 Chamber Design and Configuration There are many factors of chamber design that impact the SIR resistance levels, data variability, and the propensity for water condensation:

- ***Wall Insulation*** – The amount of insulation surrounding the inner workspace can affect the stability of the test environment. Poor insulation causes a higher energy usage to maintain temperature and cold spots can develop, leading to water condensation (rain). If the inner walls develop a leak, the insulation can generally hold high volumes of water, creating a corrosive situation and further degrading the insulating capabilities.
- ***Stainless Steel*** – All inner surfaces should be stainless steel, no plastics. Over time, scale and seed rust may develop. In this case, the stainless steel needs to be cleaned and the panels need to be repassivated using red fuming nitric acid. It is a technique called electropolishing.
- ***Air Flow Characteristics*** – Data can be affected by whether the air flow is top to bottom, side to side, baffled, unbaffled, high velocity, low velocity, etc. The best method is to have well baffled, but well circulated air incident from the side. Air flow from back to front is not recommended. Back to front air flow is more susceptible to condensation on the chamber door, and may blow condensed water onto the parts.
- ***Fixturing*** – Fixtures should hold the test samples parallel to the flow of air, and should not significantly impede air flow.
- ***Temperature and Humidity Measurement*** – There are a variety of mechanisms for measuring the temperature and relative humidity inside a chamber. The accuracy of these measurements is dependent on the uncertainty of production and control of the environment within the chamber (see 5.4).
- ***Steam Generation Methods*** – The two primary steam generation methods are immersion heaters inside of the chamber reservoir, and immersion heaters in an external reservoir which then injects the steam into the chamber. Of these two methods, the internal immersion heaters are preferred. The steam injection method often causes unwanted condensation on the parts and an uneven distribution of humidity.
- ***Chamber Port Size*** – The size of the chamber port may limit the number of electrical connections (cable bundles) that can be passed through to exterior connections. Smaller ports, however, are easier to seal.

• ***Physical Work Space*** – This will determine how many samples you can test at one time and the degree of control you might expect. A small chamber workspace is more readily controlled, with a more constant test environment, than walk-in chambers.

5.4 System Verification and Calibration It is always prudent to verify the SIR system prior to use on test specimens. System verification refers to both the data acquisition system or SIR meter, and the chamber itself.

5.4.1 SIR Test Chamber Rigorous evaluation of chamber performance, including the traceability of the measurements to the requirements of SI, is beyond the scope of this document. The reader is directed to "A Guide to Calculating the Performance of Environmental Chambers" published by The Society of Environmental Engineers (**www.environmental.org.uk**).

However, it is prudent to present a few important items herein, including what might be considered the state-of-the-art for a chamber at the time of this writing.

1) Chamber performance will greatly depend upon the condition of the chamber, such as:
   a) Controller
   b) Steam generation
   c) Seals
   d) Insulation
   e) Design, location of control elements
   f) Surrounding environment
2) While evaluating chamber performance with respect to humidity, it is generally assumed that the water vapor content of the air is uniform throughout the chamber. This does not mean that the relative humidity is uniform. To the contrary, small temperature differences that are known to exist within all chambers actually manifest large differences in localized relative humidity. This is the nature of the beast. And it makes it difficult to verify that the system is performing within methodology tolerances.
3) If one has the luxury of sourcing a new chamber/controller, the following suggestions should make calibration of the chamber, and hence verification that it meets test methods requirements, as straight forward as possible:
   a) Select a controller that is designed to control T/H chambers:
      1) Microprocessor based PID
      2) Inputs
         • Temperature
         • Humidity
      3) Outputs
         • Heat
         • Cool
         • Humidify
         • Dehumidification
      4) The most advanced chamber/controller configurations will employ proportional dehumidification.
   b) Select a controller that senses localized temperature via platinum resistance thermistor. Ideally this input will be retransmitted to a recording device rather than utilizing a separate sensor for the recorder. The duplication of sensing should be for over/under limit control.
   c) The most complicated aspect is the method of humidity measurement. At the time of this writing, the three viable options are:
      • Psychrometer (wet/dry bulb)
      • Dew-point (a.k.a. "precision") psychrometer (chilled mirror)
      • Capacitive element humidity probe (be sure to utilize one designed for high temperature, humidity applications.)

   Precision psychrometers are typically considered overkill for SIR T/H chambers. They are usually designed as working standards, not process instruments. Both wet/dry bulb and capacitive elements are widely used in T/H chambers and both have pros and cons. Both are very capable when used properly. Historically the wet/dry bulb is considered more accurate, especially at high temperatures. Recently the capacitive element sensors have closed this gap (make sure the controller supports the sensor's proprietary temperature compensation). While the actual difference in accuracy between the two techniques is not widely known or accepted, the capacitive element probes have gained a great deal of popularity due to their more direct traceability to SI. The probes/electronics can be extracted from the chamber and calibrated directly in two temperature/two pressure primary humidity standards as described in NCSL RISP-5. Additionally, periodic checks (or even calibration) can be performed with these probes using saturated salts.

The chamber profile should be run for one cycle prior to use on product. Temperature and relative humidity should be monitored throughout. If there are wide swings in the temperature (+3 °C) and relative humidity (+5% RH), the chamber may need tuning. Modern chambers have a digital controller. These controllers will typically have a set of background parameters, upon which the chamber control is based. Chamber manuals should have specific ways to go about changing these background parameters to tighten the response of the chamber.

Microprocessor controlled chambers and modern chart recorders make use of thermocouples or thermistors to measure temperature and humidity. These thermocouples or thermistors should be periodically checked (once per quarter) to make sure they are accurate. The thermocouples or thermistors should be replaced every two years.

The condition of the wick material, used for wet bulb materials, should be monitored. If the wick becomes dirty, the water may not adequately flow up the wick material. The wick should be replaced every three months.

It is highly recommended that an independent set of thermocouples, or platinum resistance thermometers, be used to monitor wet-bulb and dry-bulb responses. This should show if the chamber controls are accurate and if the chart recorder output is accurate.

5.4.2 The Data Acquisition System The data acquisition system should be tested to make sure that the readings are accurate at both ambient temperatures and when the test parts are at elevated conditions. The use of a calibration board is recommended such as the one shown in Figure 5-2. A calibration board contains precision, "known value" resistors in the place of test patterns. Precision resistors exist for values up to 10^{11} and 10^{13} Ω.

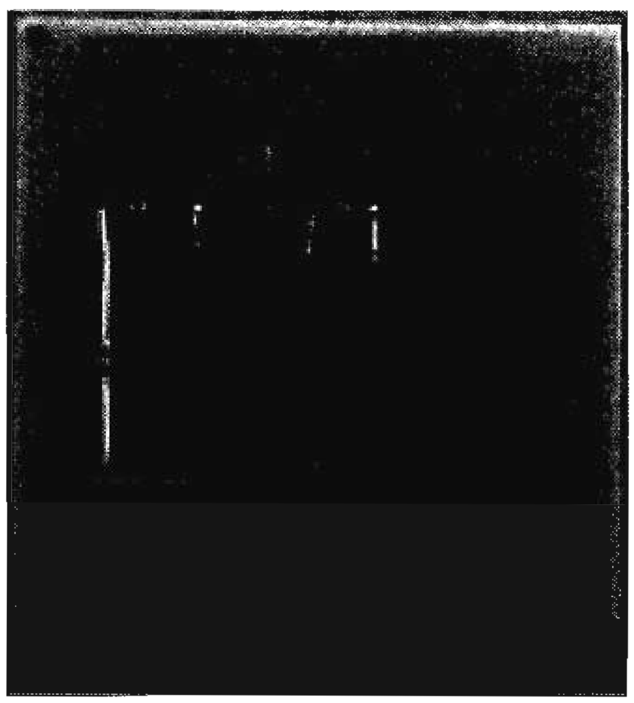


Figure 5-2 Example of a Calibration Test Coupon
(Calibration coupon courtesy of Concoat Systems Limited)

A calibration board should be used to test every connector or wire bundle in the setup. The method of attachment should be as close to the sample attachment as practical. If the measured values do not track the nominal resistance of the precision resistor, there may be a leakage in the cable bundle or scanner card.

It may be a useful exercise to determine what the cable bundle and connector leakages are at elevated (temperature only) conditions. All precision resistors can be supplied with the temperature coefficient for that resistor. Each wire bundle should be checked with the calibration board at the proposed elevated temperature, as well as at ambient conditions. The resistances can be corrected for temperature. This characterization work can show how much leakage can be expected due to temperature effects. If the value is excessive, then it may be necessary to consider some other form of interfacing to the test sample.

It is not recommended to perform this elevated condition characterization exercise under elevated humidity conditions, unless there are precision calibration resistors that are hermetically sealed against the environment. Most resistors are not. Moisture entering the case of the resistor is expected to significantly alter the resistance. If this approach is done, it is recommended that the calibration board substrate resin be PTFE.

Most experts agree that the calibration of cables and connectors at ambient conditions is sufficient.

5.4.3 Test Supplies Ensure that there is sufficient paper for each of the systems involved, including chart recorders, data loggers, etc. Ensure that there is no cause for paper jamming, and that all pens, inks, ribbons, etc., are acceptable. Ensure that if data is logged to magnetic media that there is sufficient free space (plus a safety margin) for the estimated size of the data files. This is a frequently overlooked practice.

Automated systems will be computer controlled, but it is important to ensure that there is enough free space on the selected drive as the system might accumulate over 200,000 measurements during a seven day test.

5.4.4 Power Supplies If the hardware is fed from an uninterruptable power supply (UPS), ensure the batteries are fully charged before starting a test.

6 RUNNING A TEST AND TEST CONSISTENCY

Due to the many factors in SIR testing, such as the loose wording of test methods and the variety of testing equipment, running a test has become highly dependent on the operator technique used. The following practices are given to aid an SIR tester in learning acceptable techniques.

6.1 Substrate Preparation Important Notes

a) ***Process Characterization*** – If Process Characterization Testing is being done, such as that detailed in IPC-TM-650, Method 2.6.3.7, or IEC 61189-5, Method 5E02, then it is important that the test coupon be manufactured and processed entirely in parallel with the manufacturing processes planned for the final production circuit assembly.

Precleaning must not be done nor should any other test coupon specific conditions mentioned below be used.

b) ***Materials Characterization*** – If SIR testing is being done to characterize a process material, such as permanent solder mask, solder flux etc., then it is essential that there be no extraneous matter present that might compromise the test.

In most SIR testing, it is desirable to examine the effects of a specific process or a specific sub-process. To do this, it is necessary to remove the outside influences (see also 3.4.1).

Precleaning a test assembly is generally recommended prior to exposure to the candidate manufacturing process. Precleaning may be a pass through an existing cleaning method, or a 10 minute run through an ionic cleanliness tester. Some process qualification documents (e.g., J-STD-001) require precleaning the test substrates until they are below 1.0 micrograms of NaCl equivalence per square inch. This is a fairly sound requirement.

Precleaning would not be recommended if the intent is to look for interactive effects between an existing state, such as an incoming (as-received) board and the assembly process.

6.1.1 Test Specimen Marking There are a variety of ways to mark an SIR test vehicle which do not affect the SIR results, but identifying markings should be made on *every SIR test substrate*. Not only does it aid in visual examinations after an SIR test, it identifies the substrate long after tests are run on the printed board.

Acceptable marking methods include:

- ***Indelible ink markers*** – used on a section of the test vehicle far removed from the test circuitry (e.g., back side).
- ***Vibroengraving*** – should be done on a metal area, such as a ground plane or copper ID square (such as on the IPC-B-24 test board). If such an identification is placed on the wave solder side of the board, the engraving is likely to be covered over.
- ***Epoxy ink*** – probably the best solution. The ink should be applied in an area away from any test circuitry and should be fully cured.
- ***Adhesive labels*** – Although they can be used, most label adhesives are chlorinated and can outgas. Labels applied across SIR circuitry will cause the test to fail.

Specimen markings should include the minimum following information:

	Example
• Project Number	Project RJ-07
• Customer	WhozDare Corp.
• Test Date	7/31/07
• Process ID	4
• Coupon Number	36
• Test Method	IPC/IEC/OBE
• Material Tested	Beta Metals 837A-R no-clean flux

SIR tested boards are sometimes archived in plastic bags. It is acceptable to place most of the above markings on the bags, with an abbreviated ID code on the tested board itself.

6.2 Test Specimen Controls In almost all tests, SIR levels are compared to either some absolute value, such as 500 megohms, or relative to some other data group. The use of a control group allows the SIR tester to compare the performance of a target group to a "known" or "starting" point. Typically, a control group is prepared the same as other test samples, but may not see one or more manufacturing operations.

Example: A group of 15 IPC-B-36 bare copper test boards are fabricated and precleaned to remove fabrication residues. Three test boards are removed from the sample lot as controls. The remaining twelve boards are fluxed and wave soldered. SIR testing is done on all 15 boards, with the performance of the soldered boards compared to the control group to see the effect of fluxing and soldering.

If the intent is to examine multiple process conditions, it is not necessary to have a control group for each set of process conditions. The purpose of a control group is to baseline the starting conditions for process substrates. One set of control boards is enough for such a baseline, unless drastically different lots of material were used. Baselining is highly recommended in any material evaluation for comparison of other process groups.

A statistician would consider the sample sizes in the example above to be too low for an accurate assessment of any process effects. Ideally, all process groups should have enough specimens to insure that they are representative of the process. This implies a statistical sample size based on the degree of risk willing to be assumed. Sample sizes exceeding 20 are more sound statistically, but may be costly to test in a large test matrix. The smaller the sample size, the smaller the standard deviation must be in order to draw valid conclusions.

6.3 Pretest Checks The success of an SIR test can often depend on making various checks of the equipment and will dramatically cut down on irregularities/faults during testing.

General Caveat – Chamber designs are highly variable. All of the following recommendations should be considered as "where appropriate for your chamber."

6.3.1 Chamber The temperature-humidity chamber is the heart of any SIR test, but is one of the more neglected

pieces of equipment in the industry. The testing is accelerated aging and, if such tests are conducted every alternate week for one year, the chamber will have "aged" by 25 years. Regular periodic maintenance will increase the life of the chamber and reduce the number of tests ruined by chamber failure. The following pretest checks should be made at the start of each test:

- If preventive maintenance has not been performed in the last six months, do it now. Put a preventive maintenance schedule in place and follow it.
- For manual chambers, turn on power and check all power meters. Turn the control knobs for higher heat and humidity. If the power meters do not go from 0% to 100%, maintenance is needed.
- For microprocessor controlled chambers, allow at least 15 minutes warm-up time for the electronics to stabilize. No heaters or compressors should be energized during this warm up.
- Clean the chamber interior with fine Scotch-Brite pads and a solution of isopropanol and deionized water.
- If the wet-bulb sock is discolored (yellowing or brownish) or hardened, replace with a new sock.
- Drain the chamber reservoir(s) and the wick reservoir(s) and replace with fresh DI water.
- Check the blower motors to see that all are running. If the blower motors start to make any noises except for a steady hum, the bearings are going out. Maintenance will soon be needed.
- Install new chart paper in the chart recorder. Check the recorder pens to see if they need replacing.
- Check the port to see that the port is well sealed. Be aware that some chamber manufacturers do not recommend sealing the ports, which can cause internal pressures to be greater than atmospheric pressure. This can affect chamber control. In such cases, sealing the port with a foam rubber can keep most of the moisture in while allowing pressure equalization.
- Check the float valves. Push down on them to see that they function.
- Check to make sure that there are no air streams from air-conditioning ducts blowing on the chamber surface (within three feet of chamber top or sides).
- With the chamber power off at the wall switch, use a digital multimeter to check all fuses. Replace as needed.
- Turn on the chamber power. Check the refrigerant sight glass for air bubbles. If bubbles can be seen, the compressor system is probably low on refrigerant. Shut down the chamber and have the system charge checked.
- Have replacement fuses stored with the chamber. Fuses tend to blow at the most inconvenient time, and they are not always available from the local hardware store.
- If spots of rust (seed rust) begin to appear it is necessary to address it immediately. For stainless steel, seed rust will propagate, soon rusting the rest of the chamber. The rust needs to be removed and the surface repassivated with red fuming nitric acid, followed by very thorough rinsing. This is a hazardous process and should only be done by a qualified electroplater. The process is also called electropolishing.
- Set the chamber over-temperature alarms to avoid a high temperature fault from destroying the test samples. Over-temperature is usually set with a dial on older chambers and as an event for microprocessor programming. Settings should be approximately 10 degrees higher than the highest temperature expected for the test.
- Set the high and low monitor alarms for newer systems. Such alarms can be set for a variety of control parameters: dry bulb temperature; wet bulb temperature; voltage overstress; humidity levels, etc. The values chosen for the control parameters will depend on the load in the chamber. A chamber with a few small samples is easier to control than a chamber fully loaded with energized samples. The control bands around any set point should be chosen accordingly. A nominal value of 5 degrees on either side of the set point for dry bulb temperature is recommended for monitoring alarms.
- Prior to the start of any test, an electrical verification of the system should be done. This may be a simple continuity check or hi-pot test to insure good electrical connection, or good electrical isolation, respectively. Meters and other electrical equipment should also be checked for proper function.
- Check all electrical interlocks for functionality.
- If the chamber fixtures use contact probes, clean the probe contact areas with isopropanol and water.
- Check the wiring and electrical fixtures for signs of wear or degradation. Replace as needed. Wiring verification for connectorized fixtures can be done with a standard electrical test board incorporating high value (100,000 megohm) precision resistors.

6.3.2 Test Specimens Test specimens for SIR testing are often prepared at a separate site from the SIR test laboratory, and the processing of the samples is usually out of the hands of the SIR tester. In such cases, the following procedures should be addressed when readying samples for SIR testing.

- All samples should be handled with gloves and placed on a clean surface if needed. A clean Kapak© bag or degreased aluminum foil works well for this. The intent is to prevent any outside contamination from getting on the test substrate. Using a DMM, check for electrical continuity for patterns which should be electrically isolated. Many standard SIR test boards are wave soldered and solder bridges may happen. If solder bridges exist, they

should be removed using a vacuum desoldering tool and minimal heat. Solder wick must *not be used*, as it leaves a flux residue. If multiple bridges exist, the acceptability of SIR test data declines with increasing bridge-removal operations. As a rule of thumb, do not use a test pattern if more than three solder bridges are to be removed.

- If components have been placed over the test patterns, check that these are true dummy devices, and not "scrap" devices that will adversely influence the test readings and results.
- If a hard-wire system is being used, in which electrical connections are made by soldering wires to contact fingers, take care that no flux spatters onto the test patterns. Covering all of the test board except for the contact fingers being soldered is recommended. Degreased aluminum foil works well. A low-residue-flux cored wire solder is preferred for this operation. The intent is to avoid having any contamination from the soldering operation contacting the SIR test patterns.
- For hard-wire testing, if the data acquisition system, or fixture setup, does not contain any current-limiting resistors for each test pattern, such resistors should be added. A minimum value of 100 kilohms and a maximum of two megohms should be used. These resistors limit the amount of current through a test pattern that fails catastrophically, and prevents the remaining patterns from being "electrically starved."
- Record all the information possible on the board condition prior to the start of the test, including items such as discolorations, poor solder joints, residual flux patterns, serial numbers, etc. Many SIR tests have post-test visual criteria associated. It is useful to know if a visual failure was a preexisting condition.
- Record fixture positions, wire assignments, etc.

6.3.3 Sample Randomization and Placement In instances of large sample sizes, not all SIR test specimens may be run at the same time due to fixture limitations, chamber workspace area, etc. The question is naturally raised as to the practical separation of test specimens into groups. The recommended method is to divide the test groups equally into the number of runs, wherever possible.

Example: If there are 10 samples of A and 10 samples of B, but it is only possible to test 10 boards at a time, then run #1 would consist of five samples of A and five samples of B. Run #2 would consist of the remaining 10 samples.

It is also recommended that the samples be randomized for their placement in the chamber. For a row of 10 fixture sites in a chamber (use above example), numbered 1-10, it is not desirable to place the samples, A A A A A B B B B B. If there was one area of the chamber that had a higher incidence of condensed water, there would be a disproportionate number of A or B fail the test. Randomized location of samples helps guard against chamber related, or position related faults. Microsoft® Excel spreadsheets have a randomization function that can be used. Alternatively, a good shuffling of the board groups would work.

Another option is to distribute the boards for a single process condition evenly throughout the chamber. The general idea is to avoid clustering all the test samples for one process condition in one area of the chamber.

6.3.3.1 Placement of Specimens in Chamber The arrangement of test samples and test fixturing can affect both the test readings and the level of control of the chamber conditions. The following elements should be taken into consideration.

- When placing samples into the chamber, make sure that all equipment which could provide an electrical charge to the samples is turned OFF. If high voltage testing is being done, lethal levels of electricity could accidentally be present.
- Orient samples vertically to minimize surface exposure to dripping.
- Position the samples to minimize the airflow resistance and maximize heat transfer.
- Do not let the samples lean against the chamber walls or contact other samples.
- The samples should be placed on a level equal to, or higher than, the wet bulb sock. This may not be possible for all chamber configurations.
- The samples should be under a "rain tent" or drip shield to reduce the chance of condensed moisture dropping on the part. Keep in mind that water can be blown about by the air circulation fan, so the drip shield should also protect the samples from water drops being blown off the chamber door or walls.
- No use of adhesives, or products which outgas, as hardware labeling.

6.4 Starting the Test After the chamber has had the necessary pretest checks, the data acquisition system and fixturing has been verified, and the test samples are in place, the SIR test is ready to start. A variety of practices are used to condition the samples and subject the samples to elevated temperature and humidity conditions. The merits and feasibility of these practices continue to be debated and are controversial. The following practices are suggested, but should not supersede existing test specifications.

- Test samples should be conditioned in the chamber at 25 °C, 50% RH for two hours prior to taking initial measurements. Many specifications say that initial measurements should be taken at "ambient" conditions; however, ambient conditions vary widely from site to site and season to season.

- A chamber may be "ramped" from ambient conditions to elevated conditions in a number of ways. The goal is to increase the temperature and humidity without condensation forming on the test parts. Such condensation happens when the sample is marginally colder than the surrounding moisture-laden air. Samples with large thermal masses may be especially susceptible. The soundest method to accomplish the ramping is to first raise the dry bulb temperature to the elevated condition and, when the chamber is equilibrated at this temperature, the wet bulb temperature is increased to raise the humidity. A suggested equilibration time for the dry bulb temperature is one hour. A separate ramp for temperature (as measured by dry bulb) and humidity (as measured by wet bulb) decreases the possibility of condensation on the samples.
- If the test method calls for a "simultaneous" ramp of conditions from ambient to elevated, control becomes critical. The necessary control may not be present for older chambers and may require a PID (proportional-integral-derivative) type of microprocessor based control. Water condensation can be avoided by programming the ramp in smaller segments to allow better control over wet and dry bulb temperatures. Most microprocessor controlled chambers have the necessary control to avoid condensation. Older chambers, or chambers using a steam generator, should have some kind of baffle between the steam inlet and the test parts such that steam is not blowing over the test parts.
- If the test requires the use of a nonmeasurement electrical bias during the test, the bias can be applied either at the start of the ramp-up or after the chamber stabilizes at the elevated conditions. The sounder approach is to wait until the chamber stabilizes at the elevated conditions, as this minimizes the chance of having an electrified test pattern being hit with condensed water.

6.5 Test Chamber Monitoring With some modern SIR test systems, it is possible to have chamber monitoring incorporated into the measurement software. This software can provide an audio-visual alert to the test operator should conditions exceed required values.

Otherwise, periodically checking the chamber during a test can often alert the operator that something is not operating correctly:

- The chamber chart recorder should be checked daily to see that the chamber has operated properly during unmonitored times. Check for temperature drifts.
- Check the microprocessor temperature and humidity levels. Do they agree with each other? If not, a thermocouple wire may be failing in one of the control mechanisms.
- Check that there is sufficient water in the feed vessel to complete the test, especially prior to the week-end or summer leave.
- Check the compressor sight valves for bubbles, indicating a loss of refrigerant charge. Fortunately, refrigerant levels can be recharged without disturbing an SIR test.
- Check for leaks anywhere.
- Check the buckets for collected water draining from cable bundles.
- If the chamber has a window in the inner door, check for condensation on the chamber workspace walls and ceiling.
- The design of many chambers includes a double-door system; an inner door to seal the workspace and an outer door to insulate the inner door from the lab environment. Such an action makes the inner door less prone to condensation. In operation, steam will escape through the inner door gasket, collecting behind the outer door. One way to avoid this problem is to either install a drain hole, with appropriate plumbing, or place a shoestring on the sill of the outer door, running out to a bucket. The condensed water will follow the shoestring to the bucket.
- If the instruments log the intermediate SIR values visibly (printouts), check daily to make sure that a fault has not occurred (chamber power failure that caused rain in the chamber which created low SIR values).
- The ramp-down portion of the test should be done similarly to the ramp-up portion, but in reverse. The bias voltage should be removed from the test patterns, the humidity decreased, then the temperature decreased. Bias should not be applied during ramp-downs at the end of a test, unless expressly part of the test method.

6.6 Post-Test Operations After the completion of an SIR test, the following operations should be performed:

- Any power supplies for electrical pattern bias should be shut off.
- Test samples should be removed from the chamber and placed in individual plastic bags or wrapped individually in clean aluminum foil.
- When convenient, examine the test samples for signs of electrochemical migration, electrochemical corrosion, or loss of conformal coating adhesion (if used). General observations can be made with the naked eye. Observations for electrochemical migration should be made at 7-10X, with 30X used as a referee. Electrochemical migration is much easier to see with the light source incident from the back side of the board (back lighting). All evidences of degradation should be documented and compared to pretest conditions.
- The chamber reservoir should be drained.
- The wick reservoir should be drained.
- The chamber should be observed for signs of rust or other corrosions. Clean and passivate any observed rust using fuming nitric acid.

6.7 Data Analysis Example The following provides an example of an SIR test, including wire placements, schematics, and data treatment, although this is not the only way to analyze data; there are good statistical methods which are better, but less comprehensible to the statistically-challenged individual.

Figure 6-1 provides an example of test data collected from an automated system:

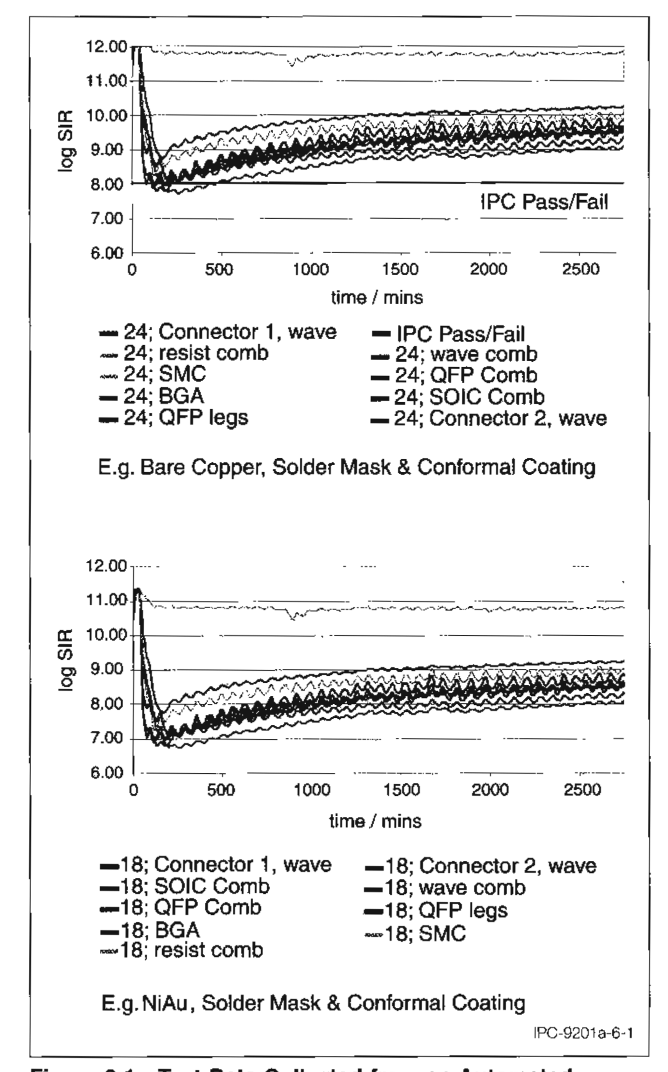


Figure 6-1 Test Data Collected from an Automated System

Based on the TB-46B test board shown in Figure 6-2, each trace represents the measurements taken from the individual test patterns on each of two IEC test coupons that have been processed employing:

Coupon 1: Bare copper, Solder Mask and Conformal Coating
Coupon 2: Nickel Gold, Solder Mask and Conformal Coating

Curiously the NiAu surface finish yielded a poor test result as compared to the bare copper finish used on Coupon 1.

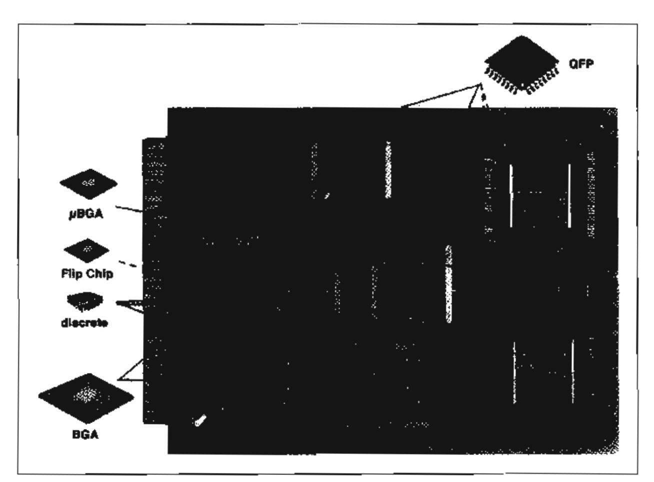


Figure 6-2 TB-46B Test Board Designed by NPL

From this, it was deduced that there had been an adverse reaction to the conformal coating on Coupon 2.

The results in each case indicated an unacceptable test result, and that alternative process materials would need to be evaluated.

Reference 20 in 10.1 addresses a new, more representative SIR test method used to validate the reliability of a more environmentally acceptable printed board production process.

Consider an SIR test called out in Appendix C of J-STD-001D. This test is used to qualify a nonrosin flux manufacturing process. For the sake of argument, the intent is to qualify a water soluble solder paste (IR reflow) and a liquid water soluble flux (wave solder) with a set of IPC-B-36 test samples, which will be tested in accordance with IPC-TM-650, Method 2.6.3.3A. This test is a seven day exposure to 85 °C, 85% RH. A bias of -50 VDC is applied to all test patterns whenever readings are not being taken. Resistance measurements are taken at five points in the process.

The IPC-B-36 board is discussed in greater depth in Appendix C.

The connection to the test patterns is done via the contact fingers on the bottom side of the board. Each of the contact fingers, used for measurement, has a designation printed above it, such as E1, M1, E2, M2, etc. All unused fingers are grounded together. E1 represents the high potential side of test pattern #1, the comb pattern in quadrant D. M1 represents the low potential side of test pattern #1. Similarly for E2-M2 up through E10-M10.

Notice in all cases that any and all E-points are isolated from any and all M-points by the use of guard traces, which are grounded during testing. This is an element of good SIR board design.

In practice, measurements are made by either hard wiring (soldering) to these contact fingers or placing the test

boards in an edge card connector designed for the pinout of this board. Hard wiring lends itself more to individual measurements (labor intensive) using a megohm meter. Edge card connectors lend themselves more to automated scanning, although either approach can be fixtured for data scanning.

For IPC-TM-650, Method 2.6.3.3A, measurement sets are taken initially at ambient conditions, then at 24 hours, 96 hours, and 168 hours at elevated conditions. A final measurement set is taken at ambient conditions following the test.

The individual data points can be in a variety of formats, depending on the equipment used. Some instruments will read resistance directly, and so the data is in ohms. Some setups use a voltage source to supply the voltage and an electrometer in sensitive ammeter mode to measure the resultant current. In this case, the data is in some fraction of amps (e.g., picoamps) and must be converted to resistance by dividing the exciting voltage (in our case 100 VDC) by the measured current. Example:

$$\frac{100\text{ VDC}}{1\text{x }10^{-10}\text{ A}} = 1.0\text{E+12 ohms} = 1\text{ T ohm}$$

An example of a data page might be the following:

J-STD-001 requires that visual examination of each test pattern be made for signs of corrosion, metal migration, or some other deleterious effect. For this reason, a column is added to the right hand side of the data page for visual observations. In this case, HFR stands for Heavy Flux Residues. GR stands for Green Residues.

J-STD-001 requires that all measured resistances exceed 100 megohms (1E+08 ohms) for all measurements taken at 96 hours and beyond. The initial and 24 hour measurements are taken but are not part of the pass-fail criteria. The final measurement must exceed 500 megohms (5E+08 ohms) and there can be no evidence of corrosion or metal migration. Using these standards, the processes would fail miserably. Many of the individual values are below 100 megohms during the elevated portions of the test, many of the final values were below 500 megohms, and corrosion was noted on many of the test patterns.

In the hypothetical process mentioned above, there were both solder paste and liquid flux operations. The interdigitated mounting pads in quadrants D and C (patterns 2 and 4 respectively) would show the effects primarily of the solder paste residues, while the comb patterns (patterns 1,3,5, and 8) would show the effects of wave soldering.

Board Number	Pattern Number	Pattern Type	Initial (Ambient)	24 Hours (85/85)	96 Hours (85/85)	168 Hours (85/85)	Final (Ambient)	Visual Obs.
A11	1	Comb-D	1.3E+08	6.0E+06	4.9E+06	4.4E+06	2.1E+09	HFR, GR
A11	2	Pads-D	9.7E+09	2.2E+07	2.3E+07	2.8E+07	1.6E+10	HFR
A11	3	Comb-C	8.5E+11	1.0E+07	1.0E+07	1.4E+07	1.3E+09	
A11	4	Pads-C	3.1E+13	8.3E+07	5.2E+07	8.4E+07	5.8E+10	
A11	5	Comb-A	2.0E+06	3.0E+06	2.0E+06	2.0E+06	2.0E+06	HFR
A11	6	Inn.Perim.-A	2.7E+08	2.1E+06	1.3E+07	2.1E+06	2.5E+08	HFR
A11	7	Out.Perim.-A	6.7E+12	1.2E+08	9.8E+07	1.2E+08	9.8E+09	
A11	8	Comb-B	1.6E+12	9.0E+06	1.1E+07	1.6E+07	1.2E+09	
A11	9	Inn.Perim.-B	1.3E+13	9.8E+07	7.9E+07	9.4E+07	7.9E+09	
A11	10	Out.Perim.-B	1.0E+13	1.3E+08	1.2E+08	1.4E+08	1.1E+10	
A12	1	Comb-D	8.7E+08	2.0E+06	5.1E+06	6.6E+06	1.6E+09	HFR, GR
A12	2	Pads-D	2.3E+09	3.4E+07	4.2E+07	5.6E+07	6.1E+10	HFR
A12	3	Comb-C	7.5E+11	1.2E+07	1.0E+07	1.6E+07	1.5E+09	
A12	4	Pads-C	3.9E+12	2.4E+08	1.4E+08	1.6E+08	1.2E+12	
A12	5	Comb-A	7.0E+06	4.4E+06	2.0E+06	2.0E+06	2.0E+06	HFR
A12	6	Inn.Perim.-A	1.5E+08	7.4E+06	2.1E+06	1.3E+07	7.7E+10	HFR
A12	7	Out.Perim.-A	9.5E+11	1.9E+08	1.1E+08	1.4E+08	8.7E+09	
A12	8	Comb-B	8.2E+11	1.2E+07	1.0E+07	1.6E+07	8.5E+08	
A12	9	Inn.Perim.-B	4.8E+11	1.1E+08	6.8E+07	1.1E+08	5.2E+09	
A12	10	Out.Perim.-B	6.8E+11	1.5E+08	1.2E+08	1.9E+08	2.7E+10	
etc								

6.8 Treatment of "Anomalous" Data Interpretation of SIR data will inevitably come across situations where failures must be explained. SIR failures can have drastic consequences, such as shutting down production lines, failure to qualify the new manufacturing processes that have been implemented, identifying serious reliability risks in high reliability hardware, etc.

SIR related failures, whether numerical or due to the presence of corrosion, must be carefully examined to determine what they truly represent in terms of the processes being examined.

Here are some suggested ways to view "anomalous" data:

- If there are very low resistance readings in the initial ambient measurements (assuming they were made) and it never wavers from that value, there is most likely an electrical short present. This might be due to bridging during wave soldering, or the presence of solder balls. It is suggested that such data be asterisked, and the reason listed. Large amounts of solder balls may indicate a problem with the reflow process or a necessary change in the mask. By labeling the cause, the customer can determine if it is a reason for concern.
- ***Single Point Low Resistance*** – In the case of a single low reading, where all the other readings are high (e.g., 10^9, 10^9, 10^6, 10^9, 10^9 ....), cause must be determined. Was the chamber out of tolerance during that time? Did the operator make an error? Was there a power surge? Is there flux residue? Are polyglycols present? Did water condense on the patterns? It may also not be possible to find a discernible cause for failure. Unless it can be determined (conclusively) that the fault was chamber or measurement related, then the low value must remain a failure.
- ***Evidence of Condensed Water*** – Despite the use of drip shields, water may sometime condense and either contact the energized test patterns, or the contact fingers used for test lead connection. This will usually leave evidence of burning or charring, and the residue patterns can be noted on the boards. The affected patterns can be legitimately deleted from consideration, but the test documentation should note that such a deletion was made and why.
- ***Low readings, but no evidence of flux residue or dendritic growth*** – In some cases, SIR data may have acceptably high initial ambient readings, acceptably high final ambient readings, but low resistance levels (failing) during the high temperature/humidity part of the test. In this case, an ionic residue is most likely present which is not active until it combines with high levels of moisture. The residues are inactive (electrically) when dry. If the material is not a halide, there may not be any corrosion or evidence of metal migration in the SIR post-mortem. Such residues are often not visible to the naked eye, so it is difficult to pinpoint the cause of the problem. Since this is an aspect of the flux contamination, the low points represent a hard failure.
- ***Low Initial Ambient Readings*** – In many cases, especially when aqueous cleaning and low standoff parts are involved, low initial SIR readings, in the 10^7-10^9 ohm range, may be seen. Proper initial SIR levels should be above 10^{11} ohms. In such cases, the cause is most likely entrapped water under components. A vacuum bake operation is recommended prior to starting an SIR test. In this case, if the low readings are not discovered until after the test, the low initial readings should still be considered as failures, since they reflect an aspect of the process. In such cases of entrapped water, evidence of water tarnishing of surface metallizations when the overlay component is removed, can usually be found.

Modern automated systems now help to alleviate many of these issues, or at least identify them early enough in the test to minimise wasted time and effort. The use of frequent monitoring techniques also help to pin-point the time such conditions arose, that assist in identifying the possible culprit and the ability to pass the blame onto someone else.

7 QUALIFICATION PHASES

7.1 Materials vs. Process Qualification TH/THB testing is often used as a tool to qualify either a material, such as a solder mask or conformal coating, or manufacturing process (wave solder, oxide treatments, HASL, etc.). It must be kept in mind that TH/THB testing is done on a system of materials, not one material alone. For example, if the surface preparation of the test substrate leaves contaminants on the board, even the best solder mask will fail the test.

Materials Qualification – In materials qualification, the proper preparation of test substrate is critical to the accuracy of the test. Substrates must be free from all contamination which might influence the test. The goal is to test the material applied to the substrate. All extraneous factors should be eliminated or minimized. Preparation of test substrates in a standardized manner will allow direct comparisons between tests.

Process Qualification – For a process qualification, there is less of a concern about the performance of an individual material in comparision to having a test assembly representative of boards processed under a set of representative manufacturing conditions. Substrate preparation is still important, but minimization of processing variability is more important.

Process Monitoring – SIR testing is not typically done for process monitoring, at least as an on-line monitoring tool. Process monitoring is usually shorter in duration than the qualification type of SIR tests, and are used as a form of spot test. To use SIR testing, studies are required to correlate a short term response to conditions vs. a long term

response. An example would be to correlate the results after four hours of exposure to an environment with the results obtained after four-seven days (see Reference 8 in 10.1).

However, by the use of trend analysis, it is possible to identify changes that occur in each of the process assembly stages within only a few hours.

Example: The initial process characterization tests are good and samples have been taken at each assembly stage: Bare Board, Solder Mask, Surface Mount Adhesive, Solder Paste, Wave Soldering Flux etc. Now there exists examples of test data at each stage of the process. If there are any surreptitious changes that might have been made to the solder flux used, then this will show-up readily within process monitoring within a very short time, perhaps only four to six hours.

7.2 Determining Acceptance Criteria

7.2.1 Readings Vs. Visual Examination Earlier SIR tests had pass/fail limits that were numerical only. Later specifications will typically include various visual criteria as well. The combination of numerical and visual test criteria became necessary when numerical SIR levels in an IPC test program failed to show the extensive electrochemical migration present. Several years of debate were spawned by this phenomena. A variety of theories exist as discussed herein.

Electrochemical migration is an electroplating operation in reverse. Metals will de-plate from a test electrode under combined conditions of a contaminant, water, and an electrical potential. As the electrical filament connects the cathode and anode, a temporary short is formed. The filament typically cannot handle the resulting current and is destroyed, much like a fuse. The result is often a carbonizing of the board surface in the outline of the filament. For long term tests, this filamentary growth and death can be an almost continuous operation.

Unless all test patterns are under a continuous monitoring regimen, the decrease in resistance, with the momentary short, is not detectable. The majority of SIR tests require resistance measurements at set times during the course of an SIR test. These are "snapshots in time" for the resistances. Unless the filaments are growing during these periods of measurement, they are undetectable. Therefore, modern SIR tests require that the boards be visually examined in addition to numerical SIR levels.

Dendrites are often so fragile that extremely low electrical current can destroy them. By the use of current limiting resistors, these dendrites may be preserved for other forms of failure analysis such as Ion Chromatography or Scanning Electron Microscopy.

Here is an example of 2 coupons: Coupon 1 employs a voltage gradient of 200V/mm and a 400μm track width and a 500μm track gap and the test result looks very acceptable as shown in Figure 7-1. However, a coupon employing the same voltage gradient but with a 200 μm width and 200 μm gap shows a fail condition as shown in Figure 7-2. The traces each represent a different test site and each spike on the trace represents a dendrite that is forming and collapsing, preserved by the current limiting resistor in the measurement circuit.

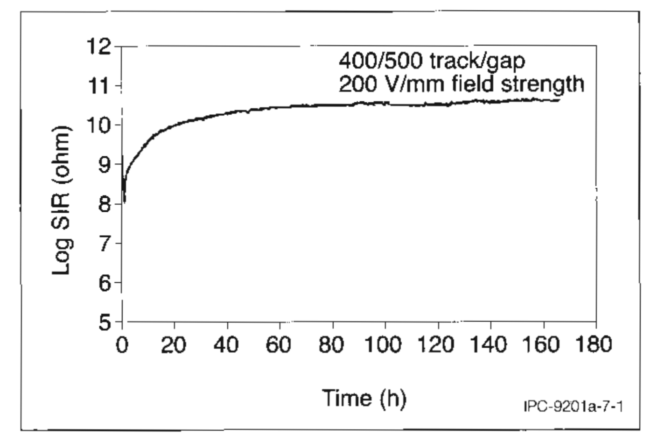


Figure 7-1 Test Results Indicating No Presence of Dendrites

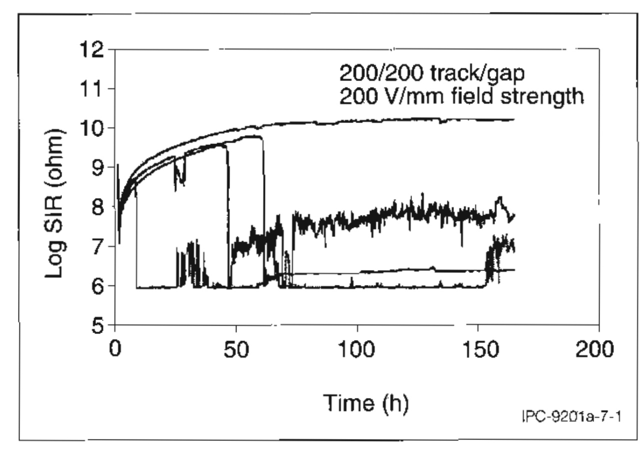


Figure 7-2 Formation of Dendrites on a Conductor

7.2.2 Temperature and Humidity Variations Temperature and humidity will vary depending on the chamber control mechanisms, the air flow dynamics through the chamber, the heat output of the energized loads, etc. The following are suggested to help minimize temperature-humidity variations:

- Thermocouples for chamber controls and chart recorders should be located near the test samples, but should be in an area where they are away from any steam inlet port and in an area with good airflow.
- Almost all microprocessor-based controllers have a background set of control parameters. These background parameters are used to set up a standard controller for temperature and humidity control. In many cases, the

background parameters can be altered slightly to "fine-tune" the control mechanisms. Important: Write down the starting background values before starting to tinker around. The manuals on the controller should cover the fine-tuning procedure.

- Many humidity chambers are capable of turning off the cooling compressor to conserve compressor life during long soaks at a given temperature. Depending on the degree of control for the chamber, maintaining a running compressor increases the degree of temperature and humidity control. This practice is not encouraged as it lessens the degree of control of the chamber environment.
- If the chamber is packed full of test samples, the airflow through the chamber will be obstructed. Consequently, control of temperature and humidity is dramatically reduced.
- For continuous monitoring cases, independent wet and dry bulb platinum resistance thermometers should be placed on both sides of the test samples, with continuous data logging.

7.2.3 Discussion of Test Specimen Design Many companies set out to design a "standard" test board and there are already many "standard" test boards being used in the industry. Using an existing design is more cost effective than designing one, and this will cut down on the number of test patterns in existence. If test pattern design is still to be done, the elements in 3.3.8 should be incorporated.

7.2.4 Available SIR Test Vehicles IPC maintains Gerber electronic artwork files for a number of SIR test vehicles. The Gerber data can be used to pull desired patterns from existing test boards if one wishes to make their own test vehicle. Detailed diagrams and photographs of these test vehicles are included in Appendix C.

8 RECOMMENDATIONS FOR PREVENTION OF SIR FAILURES

The following recommendations are made to illustrate the types of failures encountered in SIR testing, how to prevent them, and what to do if they should occur.

8.1 Typical SIR Failures Many SIR testers have questions regarding what to do in the event of a test fault. Ideally, the test should be repeated, but this is often an expensive or impractical solution. Most tests can be rescued. Their are four predominant failure mechanisms: loss of chamber humidity; loss of chamber power; loss of refrigerant charge; and software failure.

Fortunately, modern automated systems have software that provide an audio-visual alarm, or preset "halt test" option, so that the test may be aborted when failure occurs - as opposed to waiting for the full seven days or more to elapse before you discover that a failure has occurred, which may be very inconvenient.

Loss of chamber humidity can result in one of two ways. The most common way is the loss of supply water to the chamber. Unless there is a low water sensing element with an interlock, this condition can cause run-away heating as the chamber tries to heat water which isn't there in order to get steam.

A secondary cause of humidity loss is the loss of water in the wick reservoir, causing the sock over the wet-bulb thermocouple to dry out. The chamber control mechanism then sees the same temperature in the wet-bulb and dry-bulb thermocouples, which equates to 100% relative humidity and all steam-generating heaters are de-energized. Both of these conditions essentially turn the chamber from a humidity chamber into a dry oven.

A loss of chamber power can have several effects. A momentary flicker can cause a microprocessor-based controller to output a fault condition. Some microprocessors try to return to the prefault conditions, some restart the program, and others will shut down until the fault condition is cleared by the operator. The first of these three conditions is preferred for the case of the power flicker.

If the power loss is significant, for instance 15 minutes or longer, the chamber may turn into a rain chamber. As the hot humid environment starts to cool, there is no moisture being taken out of the air. At some point, the environment cools enough so that the moisture-laden air passes through the dew point and the water starts to condense on all surfaces inside the chamber. If the circuits are still energized, electrochemical migration is almost sure to occur. Some chambers will avoid this situation by dumping all the water from the chamber reservoir in the event of power loss. Other methods use event sensors and interlocks to turn off the electrical power to the test patterns in the event of chamber power loss. Again, modern systems can be provided with a temperature and humidity sensor that will provide an audio-visual signal and can abort the test if programmed to do so.

A loss of refrigerant will generally show up during a cyclical THB test or during the final ramp-down in a static THB test. With no refrigerant charge, the chamber cannot cool down in the times typically called for. Loss of refrigerant charge can also affect the degree of control if the chamber is full of energized samples.

The most common cause of a software failure is a power failure, assuming a reasonably professional software design. This may not be a valid assumption. Most SIR data acquisition software is custom programmed, with the robustness varying depending on the skill level of the programmer. In the case of power failure, the use of an uninterruptable power supply (UPS) of the floating battery configuration is desirable. Failing this, the software should have the capability to return to the prefault condition upon a cold boot condition.

Modern systems are generally Microsoft® Windows based platforms that permit logging of hardware related problems and are reliable over the course of long term tests.

8.2 Contingencies The following remedies are generally not found in any specification. They represent the experience of SIR testers.

The Chamber Has Turned Into An Oven – The remedial action depends on how long the fault has existed, and the temperatures involved. If the fault happens at 35 °C, a relatively benign temperature, the test should be restarted. If the fault happens at 65 - 85 °C, the time of the fault should be considered. If the fault was longer than 48 hours, the test should be considered invalid. If less than 48 hours, the following is recommended:

- Remove all electrical bias from the test patterns.
- Fix the cause of the humidity loss.
- Bring the humidity in the chamber up in 20% RH increments over the course of two hours.
- As soon as the chamber has stabilized at the target temperature, take a measurement set.
- Allow the samples to remain at conditions for 24 hours for a static test and three hours for a cyclic test. After this period, take another measurement set.
- Compare the data taken to the last known good data set. If the remedial values are generally within a half decade of the known good values, the test can be continued with the dry time and reconditioning time not counted toward total test time.
- The incident must be reported. These actions should allow additional valid data, but the test must still be considered questionable.

The Chamber Turned Into A Rain Chamber – Remedial action depends on whether there was condensation on the test patterns when they were under electrical bias.

- If an event relay mechanism was used to de-energize test patterns when chamber power was lost, the de-energized samples should be allowed to totally dry out. An exposure to 35 °C and low humidity for 24 hours should dry the boards without degrading them. The chamber should then be ramped back up to elevated conditions as done in the initial portions of the test. After the chamber is stable at elevated conditions, electrical bias can be returned to the test patterns and the test timing continued. The time for remedial actions is not counted in the test time.
- If the patterns were energized during condensation, the test should be considered invalid. Present test philosophy for THB testing dictates that the presence of liquid water on the test patterns invalidates the test.
- If the fault is short term, and personnel are present, de-energize the test patterns immediately and open the chamber door slightly. This should allow humidity to escape and avoid the dew-point phenomenon. If no personnel were present, as is often the case, the tester must determine if condensation occurred during the fault. In many cases, this may not be possible. When in doubt, repeat the test.

Loss of Refrigerant – This can happen periodically if preventive maintenance is not closely watched. Daily checks of the sight glass in the cooling system should identify this problem before it can impact the test. The refrigerant can be recharged during a test. If the test is cyclical in nature, the test should be stopped and completed after the refrigerant has been recharged. If the test is static, with only a final ramp down, the test can continue. Taking a chamber from elevated conditions to ambient conditions when no cooling is available is an art. By cracking the inner door of the chamber work space, temperature and humidity are allowed to escape. By carefully handling the work space door, the work space can be returned to ambient conditions in a semicontrolled manner. Manually dumping the water in the chamber reservoir helps. The patterns must be de-energized during this procedure. When the refrigerant has been replaced, continue the test as described before.

What are Water Spots Doing Here? – In the course of some THB testing, especially a cyclical test, water will condense on the chamber walls and ceilings. This will also occur if the insulation in the walls of the chamber is poor. The air circulation fan in the chamber can blow the condensed water drops onto the test patterns. Many test fixtures will have a drip shield which protects samples from water drops incident from the ceiling, but not from the walls. If liquid water contacts the energized test patterns, the test must be considered invalid and repeated. No remedial action can be taken.

The Ogre Bumped The Test – This can often happen to long-term THB tests, when a "higher priority" project must be run to satisfy the powers-that-be (the Ogres). The question is, can the test be interrupted and still be valid? This is considered possible, if not done more than once. For example, running a 28 day test in two 14 segments is acceptable, but not in four seven day segments. To interrupt the test, de-energize the patterns and ramp-down the chamber in a controlled manner. Remove the test samples and store in a clean, dry, noncontaminating environment (a Kapak© bag works well). When it comes time to start the test again, place the samples back into the chamber. Ramp up to conditions in a controlled manner. Allow the samples to condition at elevated temperatures for 24 hours without bias. After 24 hours, take a measurement set and compare to the last known good data set. If within half a decade, energize the patterns and continue the test. If not, continue the conditioning for another 12 hours and then continue the test. The time for the remedial action is not included in the test time, but the remedial actions must be documented.

Note: When dealing with Ogres, do not bump the test. Tell the Ogre there needs to be another chamber and data acquisition system. When they learn the cost, they may become more patient.

The question has been raised that, if a test can be interrupted once, why not several times? There is no technical reason why a test could not be interrupted more than once, other than:

- Disturbing equilibrium conditions.
- Poor experimental form.
- It is a general pain to do.
- It raises questions about the data, especially if the examined process fails.
- Since all SIR tests measure contamination, the extra handling of test samples can greatly increase the chances for contamination.

8.3 Other Recommendations

- Do not use unapproved/untested materials without first determining the materials' ability to cause SIR failures.
- Do not use metals which migrate easily.
- Minimize handling after final cleaning.
- Use noncontaminating protective gloves.
- When testing for residues, realize that the gross determination of cleanliness is averaged over the entire surface area of the test substrate. The amount of residue found may have actually come from one small source. Also realize that some of the residues may not be detected and may still be on the assembly.
- Other methods to determine cleanliness/residues may be required (e.g., HPLC, IC, GC/MS).
- Minimize the amount of flux required to solder the assembly.
- Use only approved cleaning materials.
- If using surfactants, emulsifiers, saponifiers, etc., make certain the materials are not left on the printed bard or trapped within the assembly.
- Clean the printed board assemblies within a reasonable time period to prevent materials used during the manufacturing process from becoming increasingly difficult to remove.

Compliance with the above procedures are not a guarantee against the occurrence of SIR failures. There must be a proper evaluation of production/test samples through incoming quality, assembly, soldering, cleaning operations and utilizing suitable long term reliability tests/assessments. All conditions must be considered (e.g., design, end use, operating environments, etc.).

9 SIR TESTING ON NONPRINTED BOARD MATERIALS

SIR or THB testing can be done on any substrate material, provided that the substrate is not a conductive medium (and therefore no insulating properties). The material in this handbook was primarily developed on experiences based upon standard printed board materials. It was the decision of the IPC 5-32b SIR Task Group to defer the development of text on the SIR testing of alternative materials until more experience or data was developed. Some general observations can still be made, however.

9.1 Alternative Substrates Alternative substrates refers to a material which is not the usual epoxy glass or polyimide resin laminate. The type of reinforcement material (woven glass, glass mat, etc.) is expected to have little effect on SIR performance. The resin will have the primary effect.

High speed dielectrics, such as PTFE, are generally superior insulators and will have higher SIR mean levels than their epoxy or polyimide counterparts. It should be noted that PTFE can have problems with "creep" or the mechanical deformation with heat. Greater warping or twisting can be expected in an SIR test from such a resin system.

A more recent alternative substrate has been ceramic. With the increasing use of hybrids and thick/thin film technology, more SIR testing is being done with ceramic (generally alumina) substrates. Ceramic, like PTFE, is a superior insulator and so will have higher SIR levels ($>10^{14}$ ohms).

In theory, SIR testing can be done on almost any insulating material, providing a conductive pattern can be deposited on that surface and the surface is insulating in nature.

9.2 Testing Other Printed Board Materials The testing of these alternatives is seldom different than the testing of standard printed boards. It is still an exposure of a material system to elevated temperature and humidity, generally under an applied electrical potential across an intervening space. The fine points come in how to interface to these materials and the levels of measured amperage.

For ceramic substrates, it should be noted that hybrids are exceptionally sensitive to trace amounts of contamination. Even the trace fumes from a soldering operation can contaminate a ceramic surface, and result in leakage currents. For this reason, it is not recommended that leads be hand soldered to the substrate. Ceramic substrates are most often surface mount technology, and therefore do not have through-holes.

Attachment of leads to ceramics should be done as part of the manufacturing process wherever possible. Incorporation of test leads into the fabrication or reflow process allows the SIR tester to attach wires to the incorporated leads, thereby removing a solder operation from the surface of the ceramic. The preferred method for ceramics is to use gold pads and gold spring-loaded contact probes. This is, of course, a more expensive option and less cost effective for small runs.

9.3 High Resistance Measurements As many of these alternative materials are good insulators, they will tend to resist the flow of leakage currents, resulting in higher resistances and commensurably lower currents. In the world of resistance measurement, there is a general dividing line between 10^{12} ohms and 10^{13} ohms or higher. Above one terohm (10^{12} ohms), it becomes necessary to be especially aware of leakage currents in the cabling, offset voltages in the measurement or scanning equipment, and the differentiation between the true current and the effects of electromagnetic coupling or electromagnetic interference. The entire measurement setup should be constructed as a Faraday cage, with shielded cables, shielded fixtures, etc. These kinds of concerns are also experienced in biomedical measurements, such as EEGs or EKGs.

Reference 4 is an excellent treatment of the measurement of low currents and the factors which must be considered. The reader is also referred to a good electrical engineering text on shielding of circuits for sensitive measurements.

Progressively lower current measurements results in the number of adequate electrometers becoming fewer and more expensive. Measurements in the terohm (10^{12}) range involve currents in the picoampere range, and the necessary equipment is available from a number of equipment manufacturers. For measurements of 10^{14} ohms or higher, you are now dealing with femtoamperes (10^{-15}) or attoamperes (10^{-18}). The number of electrometers with the requisite sensitivity are few and generally expensive.

9.4 Integrated Circuits (Wafers) The measurement of insulation resistance on the doped silicon substrate of integrated circuit wafers is a science unto itself. Resistances in the 10^{18} - 10^{20} ohms range are typical. Wafers are ultra-sensitive to any form of contamination, so the normal attachment methods of soldering wires is out of the question. Typically, there will not be any common SIR patterns imprinted on the surface of the wafer, but rather measuring of the resistance between two pads. Attachments to the pads are generally made by wire bonding.

Measurements of such ultra-high resistances requires special insulating materials, such as sapphire, and redundant shielding systems are critical.

10 REFERENCES

10.1 Published Papers

1. IPC-TP-831, Surface/Moisture Insulation Resistance (SIR/MIR) Measurements in the CFC Benchmark Testing Program, William Groft and Emery Gorondy, DuPont, IPC 32nd Annual Meeting, April 23-28, 1989.
2. IPC Phase 1 background study - 100 V vs. 500 V measurement (unpublished). Available from Doug Pauls, CSL.
3. Bellcore Technical Reference TR-NWT-000078: Generic Physical Design Requirements for Telecommunications Products and Equipment, Issue 3, December 1991.
4. Low Level Measurements, 4th edition. Keithley Instruments.
5. IPC TechNet Posting, 12-20-95, by R.R.Holmes, AT&T.
6. Cleanrooms - Facilities and Practices, M.Kozicki, S. Hoenig, and P.Robinson, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991, P.180.
7. How Clean is Clean: Effect of No-Clean Flux Residues and Environmental Testing Conditions on Surface Insulation Resistance, J.E Sohn, et al., Proceedings of the Technical Program, Surface Mount International, August 28 - September 1, 1994, page 391.
8. SIR Production Testing, presented at the Fall 1995 IPC meeting, B.N. Ellis, Protonique SA.
9. Evaluation of Low-Residue Soldering for Military and Commercial Applications: A Report from the Low Residue Soldering Task Force. Ronald Iman, editor. Sandia National Laboratories, June 1995, pages 101-105.
10. Article by M. Lycoudes, Solid State Technology, October, 1978.
11. Accelerated Vs. Real Time Aging Tests, E.W. Kimble, IEEE Proceedings of Reliability and Maintainability Symposium, 1980.
12. Humidity Threshold for Conductive Anodic Filaments in Epoxy-Glass Printed Wiring Boards, J.A. Augis, D.G. DeNure, M.J. LuValle, J.P. Mitchell, M.R. Pinnel, T.L. Welsher, International SAMPE Symposium and Exhibition, June, 1989, p. 1023.
13. Current Induced Marker Motion in Gold Wires, H.B. Huntington, A.R. Grone, Journal of Phys. Chem. Solids, Volume 20, pp. 76-87 (1961).
14. IPC-TR-476A, Electrochemical Migration: Electrochemically Induced Failures in Printed Wiring Boards and Assemblies, July 1995.
15. Reliability Evaluation of Alternatives to Ozone Depleting Substances in DoD Manufacturing, Final Technical Report (#DAAH01-92-D-R005, D.O. 0013), Dr. Laura Turbini, Georgia Institute of Technology, November 30, 1995.
16. Chemicals v Electronics, Circuits Assembly journal G. K. Naisbitt, Concoat Ltd, Sept 1995.
17. SIR Testing, New Developments - Dr B. Richards GEC Hirst Research & G. Naisbitt, Concoat Ltd, IPC Conference Spring 1994.

18. Process Characterisation Testing Using SIR Techniques, A. Brewin, Concoat Ltd, Brasage Conference Proceedings, Brest, France, October 1999.
19. SIR Flux Qualification: Are we doing it correctly? Dr. Brian Richards & Dr. Chris Hunt National Physical Laboratory & Graham Naisbitt, Concoat Ltd, OnBoard Conference Proceedings, UK Septemeber 2000.
20. A new, more representative SIR test method is used to validate the reliability of a more environmentally acceptable PCB Production Process. Phil Kinner, Concoat Ltd. - IEEE Conference, Hong Kong, January 2002.

10.2 Industry Contacts and SIR Equipment Vendors IPC maintains a noncomprehensive, online listing of providers of surface insulation resistance (SIR) equipment as well as industry individuals familiar with SIR testing through participation in the IPC 5-32b SIR Task Group that is responsible for IPC-9201. The listing is available at www.ipc.org under "Technical Resources."

APPENDIX A
LITERATURE REVIEW

A literature search was performed to locate articles involved with temperature-humidity-bias testing using a variety of key words. As a general primer, the following articles are a good start.

Low Voltage Insulation Resistance Measurement of Printed Circuits and it'd Implications, B.N. Ellis, Protonique, Circuit World, Volume 14, No. 3, 1988.

IPC-TP-518, *Surface Insulation Resistance - Part 1: The Development of an Automated SIR Measurement Technique*, Emery J. Gorondy, DuPont, IPC Fall Meeting, September, 1984.

IPC-TP-543, *Surface Insulation Resistance - Part 2: Exploring the Correlation Between Standard Industry and Military SIR Test Patterns - A Status Report*, Emery J. Gorondy, DuPont, IPC 28th Annual Meeting, New Orleans, April, 1985.

IPC-TP-825, *Surface Insulation Resistance - Part 3: Analysis of the Effects of the Test Parameters and Environmental Conditions on Test Results*, Emery J. Gorondy, DuPont, IPC Fall Meeting, Fall, 1988.

IPC-TP-831, *Surface/Moisture Insulation Resistance [SIR/MIR] Measurements in the CFC Benchmark Testing Program*, William E. Groft and Emery J. Gorondy, DuPont, IPC 32nd Annual Meeting, April 23-28, 1989.

SIR Methodology: Lessons Learned, Jim Maguire, Boeing. Presentation made at IPC Semi-Annual Meeting, October 1994.

On Insulation Resistance, B.N. Ellis, Protonique.

Cleaning and Contamination of Electronics Components and Assemblies, B.N. Ellis, Electrochemical Publications Ltd., Douglas, 1986.

The Correlation between Short and Long Term SIR Testing, B.N. Ellis, Protonique, Fall IPC 1995 Meeting, Providence, RI.

How to Configure Your Data Acquisition System, Gerald Jacob, Evaluation Engineering, August 1994.

The Effect of Flux Residues on Long and Short Term PWB Insulation Resistance Assays, Ken Heffner and Jack Brand, Honeywell, IPC Technical Review, December, 1988.

Electrochemical Migration and Flux Residues: Causes and Detection, Dr. Jack Brous, Alpha Metals, Proceedings of The Technical Program, Nepcon West 92, p.386.

IPC-TP-1081: Weak Organic Acids and Surface Insulation Resistance, J.E. Sohn, U. Ray, International Conference on Solder Fluxes and Pastes, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, 1994.

How Clean is Clean: Effect of No-Clean Flux Residues and Environmental Testing Conditions on Surface Insulation Resistance, J.E Sohn, et al., Proceedings of the Technical Program, Surface Mount International, August 28 - September 1, 1994, page 391.

IPC-TR-476A, Electrochemical Migration: Electrochemically Induced Failures in Printed Wiring Boards and Assemblies, July 1995.

Development of Surface Insulation Resistance Measurements for Electronic Assemblies. MATC(A)70, October 2001 Dr Chris Hunt - National Physical Laboratory, Teddington, Middlesex, TW11 0LW UK.

Test Procedure for Process Validation with Surface Insulation Resitance. MATC(A)121, September 2002 Brewin, A, Zou, L, Hunt, C - National Physical Laboratory, Teddington, Middlesex, TW11 0LW UK.

APPENDIX B
LISTING OF TEST METHODS AND CRITERIA

Table B-1 SIR Test Method Summary (provided by Ericcson) Formation of Dendrites on a Conductor

ID	Materials	Test Pattern	Test Envir. and Time	Voltage/Current
1	Laminate (rigid >0.8 mm [0.0315 in])	Ring/disk 1.0 mm [0.040 in] gap	40 + 0.5 °C, 90-95% RH, 4 days	500+50 VDC
2	Laminate (thin <0.8mm [0.0315 in])	Ring/disk 1.0 mm [0.040 in] gap	40 + 0.5 °C, 90-95% RH, 4 days	500+50 VDC
3	Solder Mask	Ring/disk 1.0 mm [0.040 in] gap	40 + 0.5 °C, 90-95% RH, 4 days	500+50 VDC
4	Solder Mask	Comb Pattern 0.3175/0.3175 mm [0.0125/0.0125 in]	85 + 2 °C, 85% RH, 4 days + 500 hrs	45 VDC measure 10 VDC bias after 500 hrs
5	Flux, Cored Solder	Comb Pattern 0.635/0.635 mm [0.025/0.025 in]	50 + 5 °C	
6	Flux for HASL	Comb Pattern	50 °C, 95% RH, 7 days	50 VDC bias
7	Solder Paste	Comb Pattern 0.635/0.635 mm [0.025/0.025 in]	50 + 2 °C, 90 + 2% RH, 7 days	45-48 VDC bias, 100 VDC measure
8	Adhesive for surface mount	Comb Pattern 0.3175/0.3175 mm [0.0125/0.0125 in]	50 + 5 °C, 90-98% RH, 7 days	100 VDC bias, 500 VDC measure
9	Adhesive for surface mount	Comb Pattern 0.3175/0.3175 mm [0.0125/0.0125 in]	85 + 2 °C, 90% RH, 7 days	10 volt bias

Requirements for Table B-1

No.	Requirement	Ericcson Standard	International Standard	Notes
1	>10^4 Megohms (10^{10} ohms)	Test: M 1726.10-03 Req: 10549-231	Test: IEC 249-1/2.2 Req: IEC 249-2-5	Measurement without recovery
2	>10^4 Megohms (10^{10} ohms)	Test: M 1726.10-03 Req: 10549-235	Test: IEC 249-1/2.2 Req: IEC 249-2-5	Measurement without recovery
3	The properties of the laminate must not deteriorate	Test: M 1726.10-03 Req: 10586-MZY 364 30	Test: IEC 249-1	
4	$IR_{final} > IR_{initial}/10$ (less than a 1 decade drop)	Test: 1726-504 Req: 10586-MZY 364 30	IPC	Electromigration test. IPC uses dessicator with K_2SO_4
5	>100 Megohms (10^8 ohms) IR_{final} $IR_{initial}/10$	Test: 1726-104 Req: 10549-503 10549-510	Test: IPC-TM-650, 2.6.3.3 Req: IPC-SF-818	IPC uses 12.5/12.5 mil patterns
6	3 x 10^3 megohms (3x10^9 ohms)	Test: 1726-104		
7	>100 Megohms (10^8 ohms) $IR_{final} > IR_{initial}/10$	Test: 1726-104 Req: 10549-509	Test: IPC-TM-650, 2.6.3.3 Req: IPC-SF-818	
8	5 x 10^2 megohms (500 megohms)	Test: IPC-TM-650, 2.6.3.1 Req: 10549-511	Test: IPC-TM-650, 2.6.3.1 Req: IPC-SM-840	Test environment acc. to Class 2
9	$IR_{final} > IR_{initial}/10$	Test: IPC-TM-650, 2.6.14 Req: 10549-511	Test: IPC-TM-650, 2.6.14	Electromigration test. IPC uses dessicator with K_2SO_4

Table B-2 SIR Test Method Summary (provided by Ericcson)

ID	Materials	Test Pattern	Test Envir. and Time	Voltage/Current
10	Signal layer before lamination PCB before solder mask PCB after HASL	Comb Pattern 0.635 mm [0.025 in]/ 1.27 mm [0.050 in]	35 + 2 °C, 90% RH, 4 days	45 VDC measurement voltage
11	Printed Board (single, double, multilayer) within layer Printed Board, between layers Printed Board, between plated hole and conductor	Test Coupon 1045-301 part 3 Test Coupon 1045-301 part 3 Test Coupon 1045-301 part 1	50 + 2 °C, 93 +2, -3% RH, 21 days	55 + 5 volts DC bias 100 VDC measurement
12	PQFP, 0.635 mm [0.025 in] pitch	PCB with PQFPs	40 + 2 °C, 93 +2, -3% RH, 21 days	50 volts DC bias 100 VDC measurement
13	Fine Lines and spaces (<0.127 mm [0.005 in])	Comb Pattern, 0.127 mm [0.005 in] conductors and 0.051 mm [0.002 in] spaces	85 °C, 85% RH, 1000 hours	15 VDC bias
14	Printed Board with electroless nickel/gold surface treatment	Comb Pattern - 0.1 mm [0.0040 in] spacing	85 °C, 85% RH, 1000 hours	50 VDC bias 500 VDC measurement
15	Printed Board with electroless nickel/gold surface treatment	Comb Pattern - 0.1 mm [0.0040 in] spacing	40 °C, 95% RH, 21 days	50 VDC bias 500 VDC measurement

Requirements for Table B-2

No.	Requirement	Ericcson Standard	International Standard	Notes
10	10^4 megohms (10^{10} ohms) 10^4 megohms (10^{10} ohms) 3 x 10^3 megohms	SX/MK-8647	Bellcore TR-NTW-000078 Issue 3, 1991	None
11	0.6 x 10^3 megohms (600 megohms) 1000 megohms 1000 megohms	Test: 1726-105 Req: 10582-110		
12			IEC-68-2-3 Ca	
13	>1000 megohms (10^9 ohms)			
14				
15			IEC-68-2-3	50 VDC bias not acceptable to IEC standards

Table B-3 SIR Test Method Summary (provided by Ericcson)

ID	Materials	Test Pattern	Test Envir. and Time	Voltage/Current
14	Laminate (rigid >0.5 mm [0.020 in])	Ring/disk acceptable to IPC-TM-650, 2.5.17, gap of 6.35 mm [0.250 in]	35 + 2 °C, 90% RH, 4 days	500 volts DC measurement
15	Laminate (thin <0.5 mm [0.020 in])	Ring/disk acceptable to IPC-TM-650, 2.5.17, gap of 0.254 mm [0.010 in]	35 + 2 °C, 90% RH, 4 days	500 volts DC measurement
16	Laminate (rigid >0.8 mm [0.031 in])	Ring/disk, gap of 1 mm [0.040 in]	40 °C, 90 - 95% RH, 4 days	500 volts DC measurement
17	Laminate (thin >0.48 mm [0.019 in)	Ring/disk, gap of 6.35 mm [0.250 in]	35 + 2 °C, 90 - 95% RH, 4 days	500 volts DC measurement
18	Laminate (thin <0.48 mm [0.019 in])	Ring/disk, gap of 0.254 mm [0.010 in]	35 + 2 °C, 90 - 95% RH, 4 days	500 volts DC measurement
19	Solder Mask, polymer materials	Bellcore, 0.635/1.27 mm [0.025/0.050 in]	35 + 2 °C, 90 - 95% RH, 4 days	45-100 volts DC measurement
20	Solder mask	IPC B-25, 0.3175/0.3175 mm [0.0125/0.0125 in]	50 °C, 90 - 98% RH, 7 days	100 DC bias 500 volts DC measurement
21	Solder mask	IPC B-25, 0.3175/0.3175 mm [0.0125/0.0125 in]	85 + 2 °C, 90% RH, 7 days	100 DC bias 100 VDC measurement
22	Solder mask	Bellcore, 0.635/1.27 mm [0.025/0.050 in] or IPC B-25, 0.3175/0.3175 mm [0.0125/0.0125 in]	85 + 2 °C, 85% RH, 4 days with following 500 hours	10 DC bias 45-100 VDC measurement
23	Flux	IPC-B-25, 0.3175/0.3175 mm [0.0125/0.0125 in]	50 + 2 °C, 90% RH, 7 days	10 DC bias 45-100 VDC measurement
24	Flux	IPC-B-24, 0.4 mm [0.016 in] lines 0.5 mm [0.020 in] spaces	85 + 2 °C, 85% RH, 4 days	10 DC bias 45-100 VDC measurement

Requirements for Table B-3

No.	Requirement	International Standard	Notes
14	10^4 megohms (10^{10} ohms)	Test: IPC-TM-650, 2.5.17 Req: IPC-L-115B	
15	10^4 megohms (10^{10} ohms)	Test: IPC-TM-650, 2.5.17 Req: IPC-L-108B	
16	10^4 megohms (10^{10} ohms)	IEC-249-1, 2.2/2.3	Requirement after recovery
17	None	MIL-P-13949G	Measurement according to IPC-TM-650, 2.5.17
18	None	MIL-P-13949G	Measurement according to IPC-TM-650, 2.5.17.1
19	1.2 x 10^5 megohms	Bellcore NWT-TR-000078 Issue 3, 1991	$IR_{initial}$ >3.2 x 10^5 megohms
20	500 megohms	Test: IPC-TM-650, 2.6.3.1 Req: IPC-SM-840B	Requirements according to Class 2
21	No requirements for Class 2	Test: IPC-TM-650, 2.6.14 Req: IPC-SM-840B	Electromigration test
22	$IR_{final} > IR_{initial}/10$	Bellcore NWT-TR-000078 Issue 3, 1991	Electromigration test
23	100 megohms	Test: IPC-TM-650, 2.6.3.3 Req: IPC-SF-818	
24		IPC-TM-650, 2.6.3.3 A	

Table B-4 SIR Test Method Summary (provided by Ericcson)

ID	Materials	Test Pattern	Test Envir. and Time	Voltage/Current
25	Flux, cored solder, solder paste	Bellcore, 0.635/1.27 mm [0.025/0.050 in] or IPC-B-25, 0.3175/0.3175 mm [0.0125/0.0125 in]	35 + 2 °C, 85% RH, 4 days	45-50 VDC bias 100 VDC measurement
26	Flux	Bellcore, 0.635/1.27 mm [0.025/0.050 in] or IPC-B-25, 0.3175/0.3175 mm [0.0125/0.0125 in]	85 °C, 85% RH, 4 days + 500 hours	10 VDC bias 45-100 VDC measurement
27	Printed Board	Test coupon acceptable to IPC-TM-650, 5.8.4	20 cycles of IPC-TM-650, 2.6.3	100 VDC bias 100 VDC measurement
28	Printed Board (single sided, double sided)	IPC-B-25, B or E pattern (0.3175 mm [0.0125 in] lines/spaces)	50 + 2 °C, 90-98% RH, 7 days	100 VDC Bias 100 VDC measurement
29	Printed Board (multilayer) – within layer and between PTH and conductor	IPC-TM-650, 5.8.4 Part H	Acceptable to IPC-TM-650, 2.5.10	
30	Printed Board (multilayer) – between layers	IPC-TM-650, 5.8.4 Part A	Acceptable to IPC-TM-650, 2.5.10	
31	Printed Board	–	–	
32	Signal layer before lamination Printed Board before solder mask Printed Board after HASL Assembled and soldered	Bellcore Test Pattern, Number 1 0.635 mm [0.025 in] lines 1.27 mm [0.050 in] spaces	35 + 2 °C, 85% RH, 4 days	No bias voltage 45-100 VDC measurement
33	Printed Board with electroless nickel/gold surface treatment	–	85 °C, 85% RH, 4 weeks	5 VDC bias

Requirements for Table B-4

No.	Requirement	International Standard	Notes
25	10^5 megohms (25/50) 2×10^4 megohms (12.5/12.5)	Bellcore TR-NWT-000078 Issue 3, 1991	$IR_{initial}$: >2 x 10^5 megohms (25/50) >4 x 10^4 megohms (12.5/12.5)
26	$IR_{final} > IR_{initial}/10$	Bellcore TR-NWT-000078 Issue 3, 1991	Electromigration test
27	10^3 megohms	Bellcore TR-NWT-000078 Issue 3, 1991	–
28	500 megohm at start 100 megohm after test	Test: IPC-TM-650, 2.6.3 Req: IPC-6012	–
29	–	Test: IPC-TM-650, 2.5.11 Req: IPC-6012	–
30	–	Test: IPC-TM-650, 2.5.10 Req: IPC-6012	–
31	–	IEC 326-2, 6.4	–
32	10^4 megohms 10^4 megohms 3 x 10^3 megohms 3 x 10^3 megohms	Bellcore TR-NWT-000078 Issue 3, 1991	–
33	–	–	Test Run by IVF, Sweden

This Page Intentionally Left Blank

126

APPENDIX C
SIR TEST VEHICLES

As indicated in the bulk of the document, SIR test data is often dependent on the geometry or configuration of the test vehicle. This appendix shows the more common test vehicles available from the IPC or other industry sources, along with selected illustrations of how test patterns have been used in developing customer specific or application specific tests. Not all of the test vehicles presented in this index will be available to the general public and some are shown for illustration purposes only. Many of the test boards have been presented to IPC SIR experts over the years for comment as part of the development of the vehicles themselves.

IPC Standard SIR Test Boards

The IPC maintains information on the following standard test boards. IPC does not sell the test boards themselves (volume and shelf life issues) but does maintain a list of board vendors which carry one or more of the test vehicles. IPC has the Gerber files for each of the standard test boards, should the user desire to have the test boards made with their desired blend of materials.

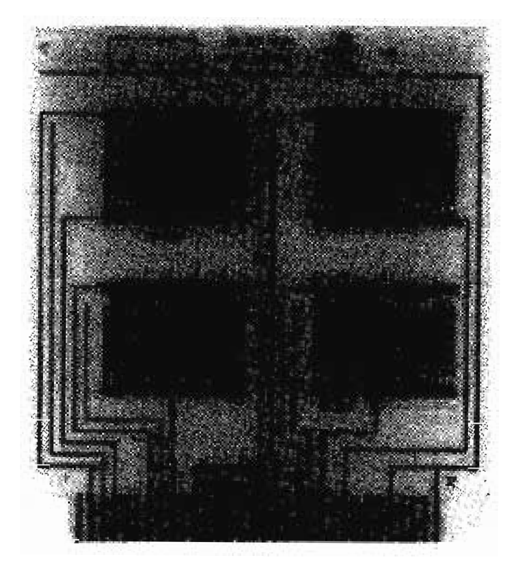
The use and configuration of IPC standard test boards are the province of the various IPC task groups. As an example, the IPC-B-24 is controlled by the 5-24a Flux Specification Task Group. The IPC-B-25A is the province of the 5-33b Solder Mask Task Group. As such, the configurations may change as the task groups deem necessary. As configuration management has not been a strong point of these committees, minor variations of some of these boards may exist. This appendix will attempt to give some guidance on these variations.

Many of these test boards can be used for a variety of purposes to aid the materials or process professional in evaluating materials or processes. When used for qualification purposes for various standards, the materials of construction are well defined. When used for engineering evaluations, the choice of materials is more open. One should be aware though that, if there is a desire to use the evaluation criteria of a particular specification or standard, one needs to use the specified material set. Throughout this document, the default material combination is listed, with the understanding that the materials can be anything for engineering evaluations.

As an example, J-STD-004 uses the IPC-B-24 test board as a flux qualification vehicle. When used for this purpose, the laminate is FR-4, the metallization is bare copper (no preservative) and no solder mask. J-STD-004 has minimum criteria for the SIR data generated. A process professional may wish to test the compatibility of various fluxes with a variety of surface finishes. IPC-B-24 boards could be plated with the candidate finishes and the testing of J-STD-004 used, but care must be taken in *blindly* applying the pass-fail criteria of J-STD-004 to these alternative cases.

One item of continuing confusion relates to the IPC nomenclature for some saleable items. IPC no longer sells the boards themselves, but will sell the phototool / artwork for imaging the boards. As an example, the artwork for the IPC-B-36 test board is labeled IPC-A-36 (A for Artwork). When that designation is imaged onto the board, the board (B for Board) carries the visible label of IPC-A-36 on the surface. Users have occasionally asked if they have the correct test vehicle.

IPC-B-24 Standard Test Board



Official Designation: IPC-B-24 Standard Test Board

Status: Active

Primary Usage: Qualification vehicle for J-STD-004

Other Usages: Can be used as a test vehicle for Telcordia GR-78-CORE SIR testing. Is frequently used as a test vehicle for flux/paste screening evaluations. Also used for Japanese Industrial Standards (JIS) for flux / paste testing

Substrate Material: FR-4 laminate when used for qualification

Substrate Metallization: Bare copper when used for qualification

Solder Mask: None when used for qualification

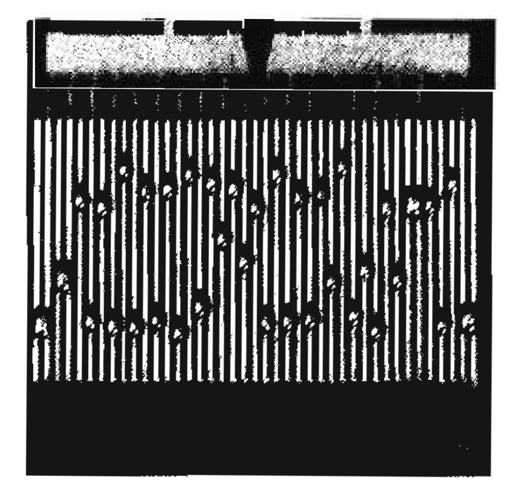
Test Patterns: Comb patterns (4) - 0.016 in lines, 0.020 in spaces, nominal 1000 squares

History of the Board:

The IPC-B-24 board was originally designed in the early 1990s as a test vehicle that could be used to test the interactions between laminate, surface metallization, and fluxes, primarily in a wave solder application. The test board was first used in the IPC CFC replacement experiments to evaluate various fluxes as alternatives to high solids rosins. IPC-TP-1043 and -1044 contain more historical data. The choice of 0.016 in lines and 0.020 in spaces was chosen by the researchers as a spacing that could be consistently wave soldered in the face down orientation without solder bridging from the wave. The values of 0.016 in and 0.016 in were 0.4 mm and 0.5 mm respectively and showed that Americans can use metric values. The contact fingers were designed to be 0.050 in pads on 0.100 in centers, such that hardwire attachment and edge card connectors could be used to test these boards.

The board worked well for these experiments. In addition, the line widths and spacings of the boards were found to work well with stencil printed solder pastes. As many of the researchers of that time were involved in both the MIL-F-14256 and J-STD-004 committees, the inexpensive B-24 board became the default test vehicle for SIR for these standards.

The Telcordia GR-78-CORE, and its precursor NWT-TR-000078, used frequently in the telecommunications industry, allows the use of the IPC-B-24 comb patterns for SIR testing, but with an adjustment of pass/fail criteria based on the difference in the number of "squares." The GR-78-CORE document does NOT allow the use of the B-24 board to test for Resistance to Electromigration. The only pattern which can be used for that specific test is the IPC-B-25 B/E pattern or IPC-B-25A pattern D (0.0125 in lines/spaces).



One lesson learned to pass along is in regards to the design of stencils for evaluating printed solder paste on the B-24 board. If the paste is printed ONLY in the area of finger overlap, the solder paste will often exhibit a tendency to bead, as shown in the photo here. This can be remedied by extending the printed paste up onto the common bus bars of each comb. During reflow, the solder paste will wet out onto the copper bus bars and the solder thieving will prevent the beading. This is true of many of the IPC test boards with interdigitated contact fingers.

Design Variations

The B-24 board has only had one minor revision (Rev A). The earliest versions of the B-24 board had no guard trace emanating from Pin 21, and so possible electrical leakage could be experienced in the SIR measurements for Pattern B. Therefore, a grounded guard trace was added to Pin 21 in the revision.

IPC-B-24 Standard Test Board (cont.)

Common Non-Qualification Uses
The IPC-B-24 test board is commonly used as an inexpensive screening vehicle to test fluxes and solder pastes. In volume, the IPC-B-24 test board costs $3-$6 per board and so is often used to test multiple fluxes and then down select to a few fluxes/pastes for further testing.

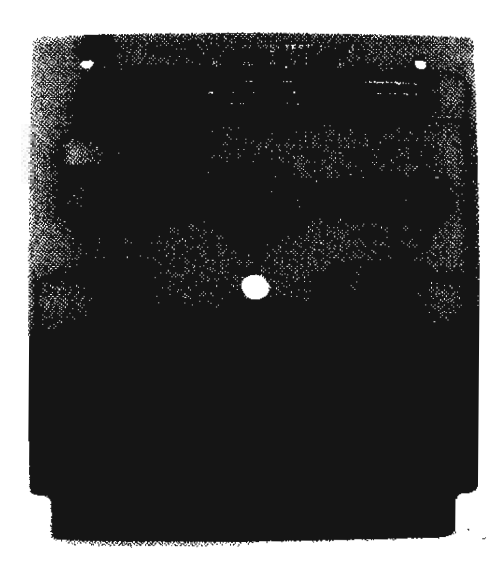
The B-24 has also been used to test interactions of solder fluxes with solder masks in a variety of approaches. Some studies have coated the entire surface of the B-24 (except the contact fingers) with a candidate solder mask, cured the mask, and then fluxed and run over a wave solder or through infrared (IR) reflow. The SIR data was examined to determine if the flux caused degradation to the mask in general. Other approaches have been to print the surface with solder mask only in the spaces between the comb fingers and examine mask compatibility and adhesion through reflow processes. Another common approach has been to print solder mask across the surface of the comb pattern, then image lines in the mask transverse to the comb fingers. The resulting "checkerboard" of mask and metal acted as entrapment sites for flux, or could show problems with the fabrication process itself.

One other common use for this board is to examine the effects of oversprayed and uncleaned flux on SIR, e.g., if sprayed flux welled up through the through-holes or over the board edge and remained on the top side of the board. In this approach, flux is applied to the top side of the board and the board processed with the comb patterns up (no contact with the wave).

Advantages:
- Very simple board (print and etch)
- Has ground circuits to isolate the combs
- Least expensive test board
- Pinout similar to the IPC-B-36 board
- Can compare results to other programs which use this board
- If a flux/paste is J-STD-004 qualified, SIR data for this board already exists
- An acceptable SIR test vehicle for both IPC and Bellcore materials testing
- No component assembly (easy to process, nearly goof-proof)

Disadvantages:
- It is a very simple board (may not reflect product complexity)
- 0.020 in spacings may not be representative of product
- Solder mask is not normally part of this board (but can be added)
- J-STD-004 qualifications done only on unprotected bare copper
- Technically cannot be used for Bellcore electromigration resistance testing
- No component assembly (no reflow or cleaning challenges)

IPC-B-25 Standard Test Board



Official Designation: IPC-B-25 Standard Test Board

Status: Obsolete but available

Primary Usage: Early qualification vehicle for solder masks (SM-840) and coatings (CC-830)

Other Usages: Test vehicles for Bellcore flux and paste qualification

Substrate Material: Normally FR-4 but could vary

Substrate Metallization: Generally tin-lead, but could vary

SIR Test Patterns: Comb patterns (6)
A - 0.006 in lines / spaces
B - 0.0125 in lines / spaces
C - 0.025 in lines / spaces
Patterns D, E, F were bottom side mirrors of A, B, and C

History of the Board:

The IPC-B-25 test board is one of the oldest in the industry. Though now technically obsolete, the use of the board can still be seen as users may want to use existing test fixturing or correlate to historical data. The B-25 had a wide variety of test patterns, including daisy-chained through-holes, which could be used to test overall board quality. The B-25 was often used as a fabrication qualification vehicle. From an SIR perspective, when fluxes and pastes were evaluated, only Pattern B or Pattern E (the 0.0125 in line/space pattern) was used. Pattern A had line spaces too small to stencil print at the time, and Pattern C had spaces too large to be representative. With just pattern B/E being used, most of the test board went to waste. When the B-25 was redesigned to the B-25A board, many of the non-SIR patterns were eliminated, and some deficiencies in the comb design were corrected. Since the B-25A Pattern D could be used to correlate to older databases, the need for the B-25 has diminished over the years.

Design Variations

Due to the long history of this board, variations of the test patterns can be found in many custom panels.

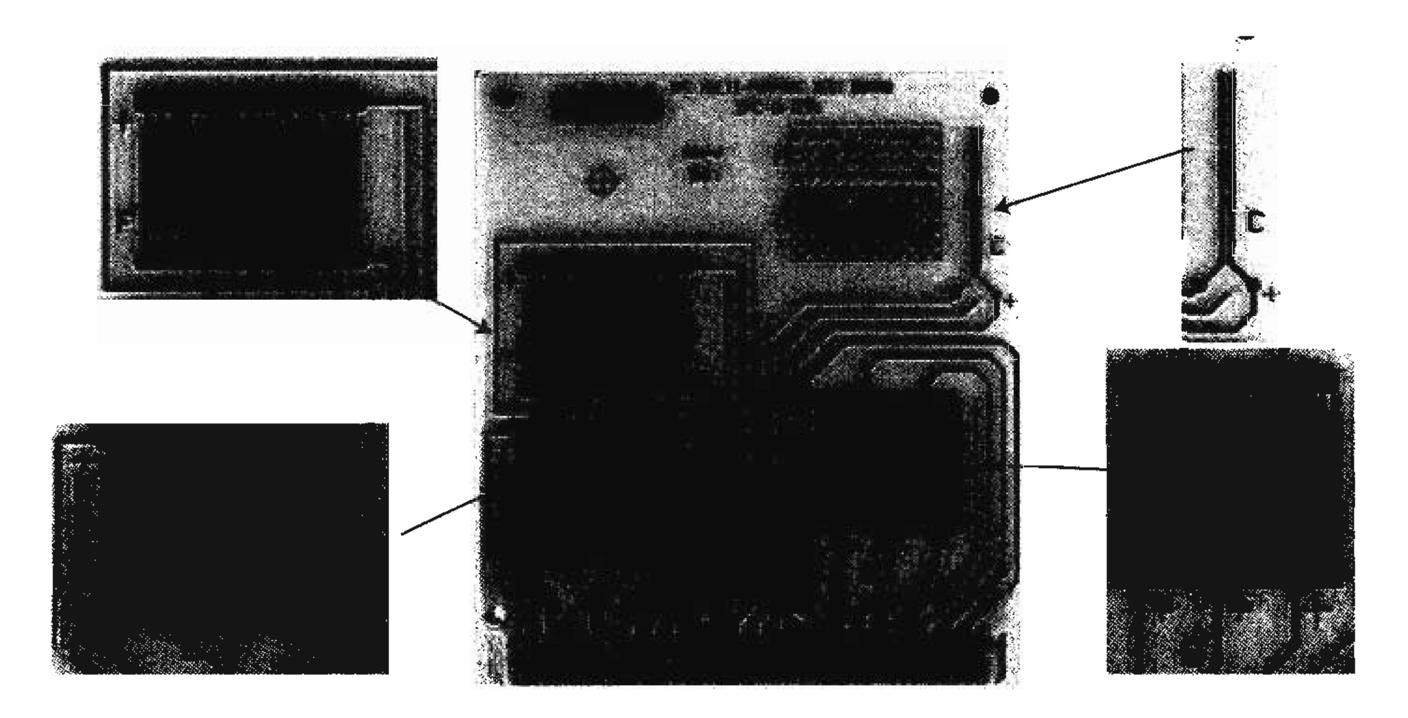
Advantages:

- Relatively inexpensive
- Large historical database available
- Can look at multiple spacings (0.025 in vs. 0.0125 in vs. 0.006 in) on same board
- Pattern B or E still allowed for Bellcore electromigration qualification

Disadvantages

- Waste of space and materials when used for SIR testing alone
- Unbalanced comb design
- Can't wave solder the board with any expectation of yield for either the 0.006 in or 0.0125 in patterns

IPC-B-25A Standard Test Board



Official Designation:	IPC-B-25A Standard Test Board
Status:	Active
Primary Usage:	Qualification vehicle for IPC-SM-840 (solder mask) and IPC-CC-830 (coatings)
Other Usages:	Test vehicles for Telcordia GR-78-CORE, SIR and Electrochemical Migration testing
Substrate Material:	FR-4 when used for qualification, single sided, 0.062 in
Substrate Metallization:	Bare copper when used for qualification
Test Patterns:	Comb patterns (2) - 0.016 in lines, 0.020 in spaces, nominal 1000 squares (identical to IPC-B-24 comb patterns) Comb pattern (1) - 0.0125 in lines, 0.0125 in spaces (identical to IPC-B-25, pattern B/E) Military Y pattern - 0.030 in spacing Checkerboard test pattern for mask/coating adhesion test

History of the Board:

The IPC-B-25A board was designed by the IPC Solder Mask Performance Task Group as part of the IPC-SM-840 Revision C effort. Prior to the C revision, the qualification vehicle was the IPC-B-25 standard test board, outlined earlier. The B-25 board was fairly large and expensive, and only a small portion was used for SIR testing with solder masks. The B-25 board had no guard banding for SIR testing and several flaws in the test board had been identified.

For the IPC-B-25A test board, two comb patterns from the IPC-B-24 test board were included and are designated patterns E and F. Pattern D was included from the older IPC-B-25 board, identical to pattern B/E. This pattern was included such that Bellcore (Telcordia) could use this test vehicle for materials qualification to NWT-TR-000078 or GR-78-CORE. Pattern C, the military Y pattern, was used to link to extensive qualification databases in the military.

Design Variations

There have been no revisions to the B-25A since its original design, however, individuals have designed solder mask layers which include cross hatch solder mask patterns for various evaluations.

Advantages

- Easy to manufacture and therefore inexpensive
- Has all the common patterns used for SIR and electromigration resistance testing

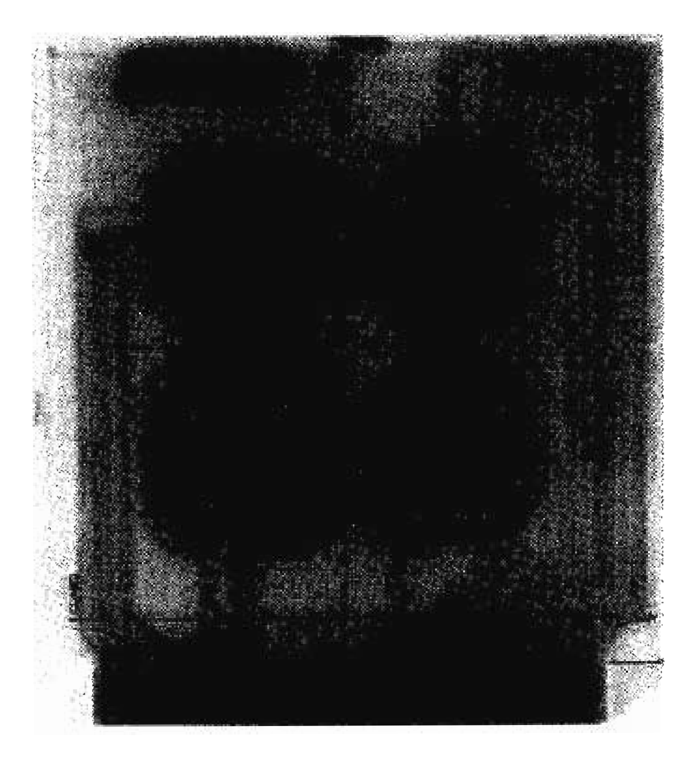
IPC-B-25A Standard Test Board (cont.)

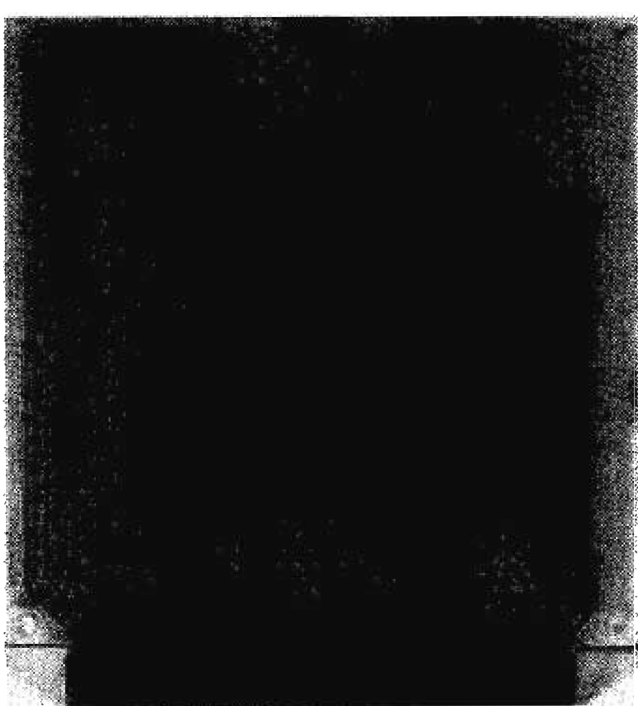
- Can correlate to both B-24 and B-25 test data
- Is recognized as a valid test vehicle for Bellcore testing (both TR-78 and GR-78)
- Relatively easy to wire and test
- Can do adhesion testing and dielectric strength tests
- Good vehicle for solder mask interactions and effects
- Better comb design than the B-25 (routing problem corrected)
- The military Y pattern can be used to correlate to MIL-I-46058 coating qualification

Disadvantages

- Not a good vehicle to use for full process evaluations as it has no through-holes or components
- The solid layer of solder mask often yields results better than might be expected on product

IPC-B-36 Standard Test Board





Official Designation:	IPC-B-36 Standard Test Board and Assembly
Status:	Active
Primary Usage:	Accepted vehicles for MIL-STD-2000A and J-STD-001
Other Usages:	Widely used in cleaning studies
Substrate Material:	FR-4 when used for qualification
Substrate Metallization:	Bare copper when used for qualification
Test Patterns:	Ten SIR Test Patterns • Comb patterns (4) - 0.006 in lines / spaces, 3500 squares • SMT Pads (2) - 0.025 in spaces • Inner Perimeter patterns (2) - 0.006 in lines / spaces • Outer Perimeter patterns (2) - 0.006 in lines / spaces

History of the Board:

The IPC-B-36 test board was originally designed by Bill Groft, DuPont, as part of the IPC CFC Replacement experiments run in the late 1980s. IPC-TR-580 shows much of the research done with this test vehicle. IPC-TP-831 specifically talks to the design of this test vehicle. The test vehicle was double sided with many through-holes, and was designed for SIR testing. The success of the CFC Alternatives testing (IPC-TR-580, -581, -582) led the DoD MIL-STD-2000 committee to use this test vehicle to qualify new fluxes or cleaning processes for military hardware. The qualification protocol can be found in archive versions of Appendix A of MIL-STD-2000A. The DoD MIL-STD-2000 committee was also very active in the development of J-STD-001, and so became an accepted test vehicle for that document as well.

MIL-STD-2000A was cancelled without replacement in 1995; however use of the B-36 test vehicle continues in order to satisfy requirements of older military contracts. While current version of J-STD-001 allow for other test vehicles, many still use the B-36 test board for qualification purposes and will continue to be used until something better supplants it (see IPC-B-52 section). The contact fingers of the board are normally gold plated for compatibility with edge card connectors. The remaining Metallization is normally bare copper, but could be any surface finish. A very limited amount of solder mask is used (dots or bumps) to give the LCCs a 0.005 in standoff.

IPC-B-36 Standard Test Board (cont.)

Design Variations

The test board has undergone only one known design revision. The earliest versions of the B-36 had solder mask dots imaged on selected tabs of the comb pattern bus bars. These 0.003 in thick dots, combined with the 0.002 in thick copper would give the LCCC component placed on them a 0.005 in standoff from the laminate surface. In practice, these dots did not often survive the process and caused many problems. The solder mask dots on the top of the copper bars were changed to solder mask squares which overlapped the copper of the pattern onto the laminate surface, dramatically improving adhesion and process survivability.

Typical Use

In practice, an IPC-B-36 test board would be stencil printed with a candidate solder paste onto the SMT mounting pads in the four quadrants of the board. Leadless ceramic chip carriers (LCCCs), 68 I/O, having no internal dies, were put in place and subjected to reflow conditions and subsequent cleaning. The board was tested in that condition if SMT only, or was subjected to wave soldering and cleaning if the manufacturing process was mixed-technology. A good reference guide on the processing of the B-36 board can be found in IPC-TP-1091.

Pattern Designations

As described above, the B-36 had ten SIR test patterns. Each pattern was a two-pole measurement, with one energizing trace and one return trace for current measurement. Each low potential trace was completely surrounded by a grounded guard trace.

1. Pattern M1 - comb pattern in quadrant D, 0.006 in lines / spaces, ~3500 squares. Used to examine the effects of flux or paste residues under low standoff components.
2. Pattern M2 - daisy chained SMT pads in quadrant D, 0.025 in pads on 0.050 in centers, ~275 squares. Used to examine solder paste residues between pads, or the interactions of solder paste residues with flux that would well up through vias.
3. Pattern M3 - identical to M1, but in quadrant C.
4. Pattern M4 - identical to M2, but in quadrant C.
5. Pattern M5 - identical to M1, but in quadrant A.
6. Pattern M6 - inner perimeter pattern in quadrant A, 0.006 in lines / spaces, ~260 squares. Used to examine the effects of fluxes or pastes under low standoff components in difficult to clean conditions.
7. Pattern M7 - outer perimeter pattern in Quadrant A, 0.006 in lines and spaces, ~400 squares. Used to examine the effects of fluxes and cleaning processes in areas of the board where cleaning was no challenge.
8. Pattern M8 - identical to M5, but in quadrant B.
9. Pattern M9 - identical to M6, but in quadrant B.
10. Pattern M10 - identical to M7, but in quadrant B.

Advantages

- Mixed technology board - can test both solder paste and wave solder effects
- Has ground circuits to isolate all SIR test patterns
- Relatively inexpensive with both SMT and through holes
- Can compare results to other programs which use this board
- A fair amount of process qualification information is available using this vehicle
- Can test for cleaning effects and flux entrapment
- Presents a thermal challenge or thermal shadow area
- 6 mil patterns more representative of actual product
- Has some solder mask
- Can use to test rework or touch-up soldering

IPC-B-36 Standard Test Board (cont.)

Disadvantages

- Difficult to process if you have no SMT capabilities (e.g., wave solder only)
- Solder mask only in very limited areas
- Generally more expensive to test (if paying by the connection)
- Generally more expensive materials and to process
- The alternating orientation of the 0.006 in comb patterns made bare board fabrication yields smaller. It would have been better to have them all in the same direction.

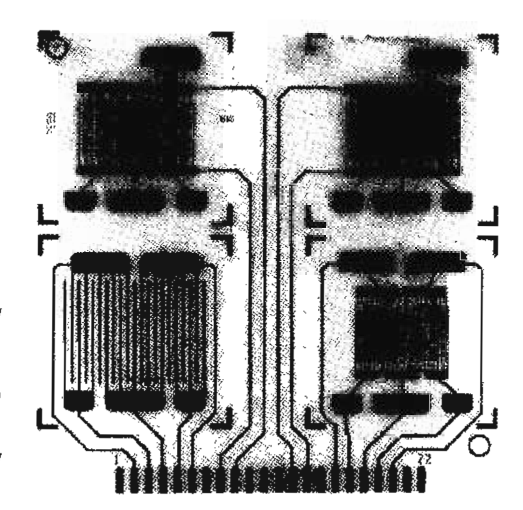
Common Non-Qualification Uses

The B-36 has been used to evaluate a number of manufacturing processes: effects of SMT adhesives to glue down the LCC components; effects of additive fluxes in hand soldering; comparisons of cleaning processes, etc. The LCCs have occasionally been replaced by 68 I/O PLCCs with J-leads, to simulate cleaning under components that do not have the tight standoff of the LCC.

IPC-B-50 Standard Test Board

Official Designation: IPC-B-50 Standard Test Board
Status: Retired but available
Primary Usage: Correlation studies for IPC and Bellcore SIR
Other Usages: Used in several IPC SIR Round Robins
Substrate Material: FR-4, single sided, 0.062"
Substrate Metallization: Bare copper
Test Patterns: Four

- Bellcore Comb Pattern (1): 0.025 in lines / 0.050 in spaces
- IPC-B-24 Combs (2): 0.016 in lines / 0.020 in spaces
- IPC-B-25 B/E Combs: 0.0125 in lines / spaces



History of the Board:

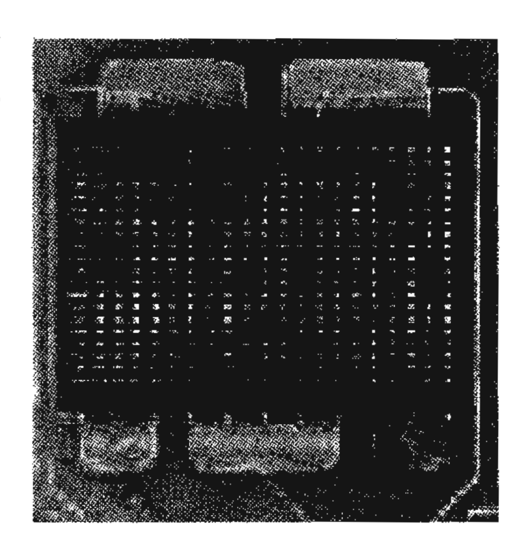
In the late 1980s, IPC and Bellcore specifications (NWT-TR-000078) dominated the SIR test world. Many materials vendors (flux, solder mask) would have to do parallel testing, one for IPC and one for Bellcore to qualify materials. The Telecommunications SIR task group, chaired by Dr. Duncan Culver, Bellcore, was chartered to do correlation studies between IPC SIR testing done on the IPC-B-24 test board, and Bellcore SIR testing, done on Bellcore coupons or IPC-B-25 test boards (B/E patterns).

The IPC-B-50 test board was originally called "The Phoenix Board" and is attributed to Duncan Culver who claimed that every time the Bellcore/IPC correlation issue seemed to be solved, it would rise again like a Phoenix from the flames.

The Telecommunication SIR Round Robin was successful in bringing the Bellcore and IPC testing into line, but unfortunately the work was never formally published outside of the committee. Because the B-50 board had the three major SIR patterns, it was retained for use for anyone who wanted to use a single substrate to do similar material evaluations.

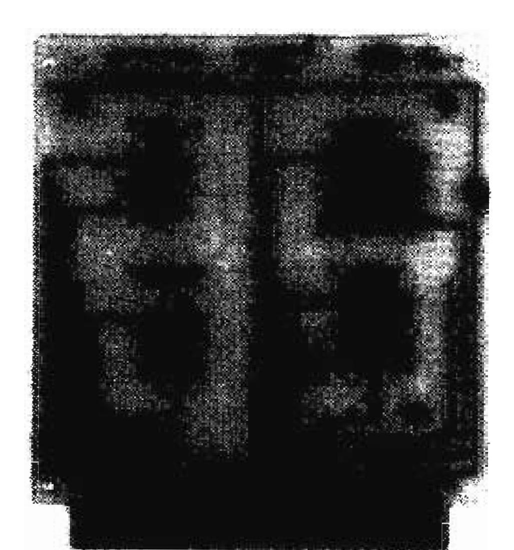
Design Variations

There have been no known design changes to the circuitry since the original design. Various solder mask layers have been generated to go with this board. The most common is to place a solder mask layer with etched openings transverse to the comb lines, as shown in this photo.



136

IPC-B-51 Standard Test Board



Official Designation: IPC-B-51 Standard Test Board
Status: Active
Primary Usage: SIR research vehicle
Other Usages: None
Substrate Material: Can be any
Substrate Metallization: Can be any
Test Patterns: Four
Pattern A: 0.016 in lines / 0.008 in spaces
Pattern B: 0.016 in lines / 0.012 in spaces
Pattern C: 0.016 in / 0.016 in spaces
Pattern D: 0.016 in lines / 0.020 in spaces

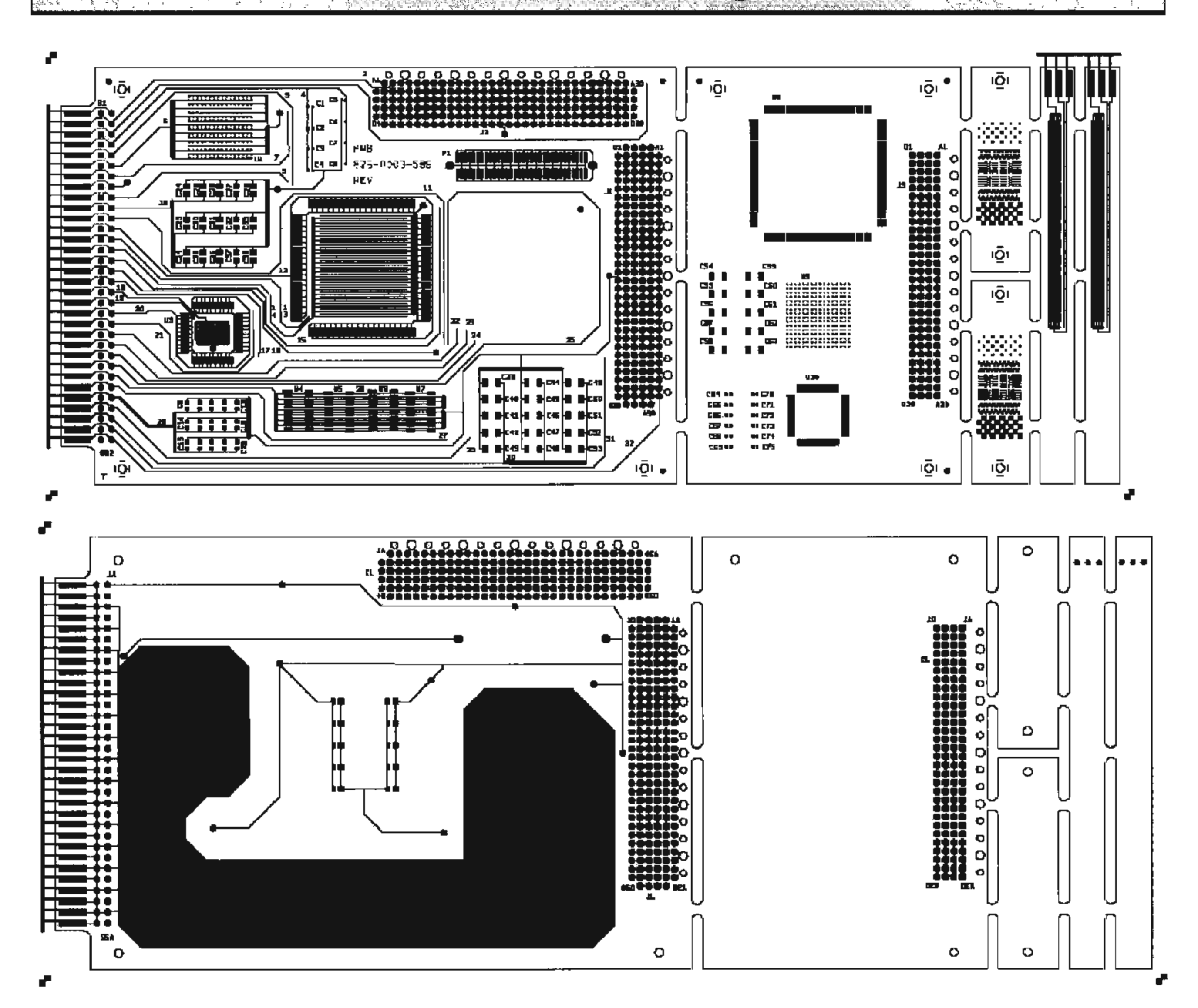
History of the Board:

The IPC-B-51 is a derivative of the IPC-B-24 test board. One of the debated test parameters in many SIR research programs has been the voltage gradient applied to the test pattern. The IPC-B-24 has four identical comb patterns with 0.020 in spacings each. Many SIR systems at that time would apply the same voltage to all test patterns. As such, a constant voltage gradient existed for all test patterns. A test board with the same pinout, but with varying line spacings, would allow a researcher to examine the effects of varying voltage gradients in one test. The IPC-B-51 was developed to accomplish this end. The design work was done by Delco Electronics and donated to the IPC.

Design Variations

There have been no design variations of this board since the original design.

IPC-B-52 Standard Test Board and Assembly



Official Designation:	IPC-B-52 Standard Test Board and Assembly
Status:	Active (New)
Primary Usage:	Process Qualification Vehicle
Other Usages:	Fabrication and Assembly Processes Evaluation Tool
Substrate Material:	Manufacturer's chosen material
Substrate Metallization:	Manufacturer's chosen material
Test Patterns:	16 potential test patterns, 14 on present board, room for 2 more

History of the Board:

Many of the test boards discussed above were adequate for testing base materials like laminate, flux or solder mask, or for simple aspects of some manufacturing processes. However, most of the test vehicles available in the 2004 time frame had very little similarity to actual hardware or could test realistic residue situations to assess assembly reliability. The CSL Umpire board (described later) came close, but had a number of flaws. The lessons learned from that vehicle in process qualification studies assisted in determining the more important parameters in a process qualification vehicle. As J-STD-001 proceeded through its revisions, the need for a true electronic assembly process qualification vehicle became more apparent.

IPC-B-52 Standard Test Board and Assembly (cont.)

The International Electrotechnical Commission (IEC), which paralleled the IPC efforts in many ways, likewise desired a test vehicle which could be used to properly assess electronic assembly processes, with use as a formal process qualification vehicle. A test vehicle, the IEC-TB57 (described later) had been developed as an SIR test vehicle by the National Physical Laboratory (NPL) in the United Kingdom (UK). The test board was further developed by GEN3 Systems Ltd. (formerly Concoat Systems Ltd.), also in the UK. Between the NPL and GEN3, a significant database was generated.

The IPC and IEC leadership in SIR matters collaborated on a new design, based on the TB-57 board.

- The pinout was kept the same to interface with any existing test fixturing
- Some of the component designs were considered as redundant (i.e some QFPs) and so were eliminated. The eliminated areas were kept open so that future users could incorporate other technologies, such as flip chips, if desired.
- The smallest surface passive on the TB57 was an 0603 and 0402 components were more representative of mainstream assembly technology
- Passive components were not on the bottom side of the board of the TB57, and were added to the B-52.
- A fully loaded TB57 board could be very expensive and could only be used for either SIR testing or ionic cleanliness testing, but not both. A perceived improvement of the test board would be the addition of a snap-off coupon containing common residue entrapment features, to be used for ionic cleanliness testing while the main test board would be used for SIR testing. Such a coupon was added.
- As the result of several IPC committee discussions it was decided that, as a part of an assembly process or fabricator qualification effort, conformance coupons would be of benefit. Two additional snap-off coupons were added, one for use at a fabrication site and one for use at an OEM/EMS site.
- A final snap-off coupon was added at the request of IPC rigid board assessment committees. An experimental coupon, developed to examine solder mask adhesion characteristics, was also added.

Design Variations

Rockwell Collins went through two design efforts. The initial redesign of the TB57 included the snap off coupons on the side of the panel, with a solder mask adhesion coupon that was a precursor to the checkerboard pattern desired by the D-31b IPC-2221/2222 task group. The second design moved the snapoff coupons to the end of the panel to retain the manufacturing rails and therefore improve manufacturability. Some of the through-hole connector features were changed to better match the intended components. The IPC-2221 committee coupon was added.

The initial research with this test vehicle was reported by Doug Pauls at the IPC Apex Conference in 2006. That paper is part of the Technical Proceedings of that Conference.

Common Non-Qualification Uses

At the time of publication of this handbook, the IPC-B-52 had become available.

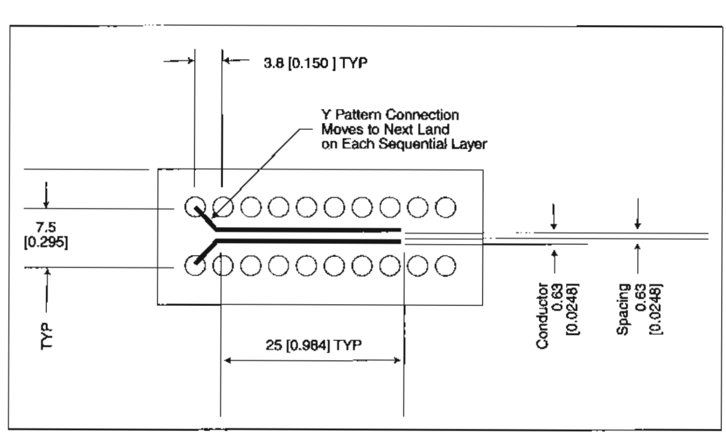
IPC-2221 Coupons E and H

Official Designation:	IPC-2221 Coupon E IPC-2221 Coupon H
Status:	Active
Primary Usage:	Insulation resistance
Other Usages:	Dielectric withstanding
Substrate Material:	Production material
Substrate Metallization:	Production Metallization
Test Patterns:	One each

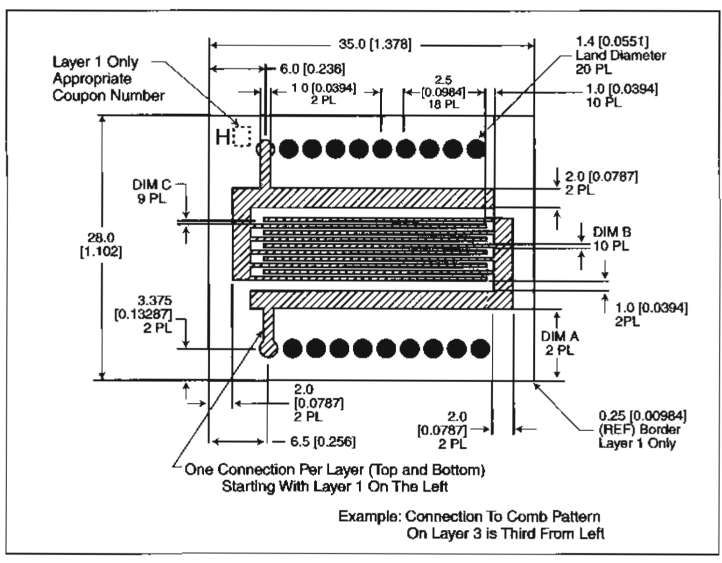
From IPC-2221, para 12.4.4:

These coupons are used for evaluating insulation resistance, bulk resistance and cleanliness of the material after exposure to an elevated cyclic temperature and humidity under an applied voltage. The coupon can also be used for evaluating dielectric withstanding voltage.

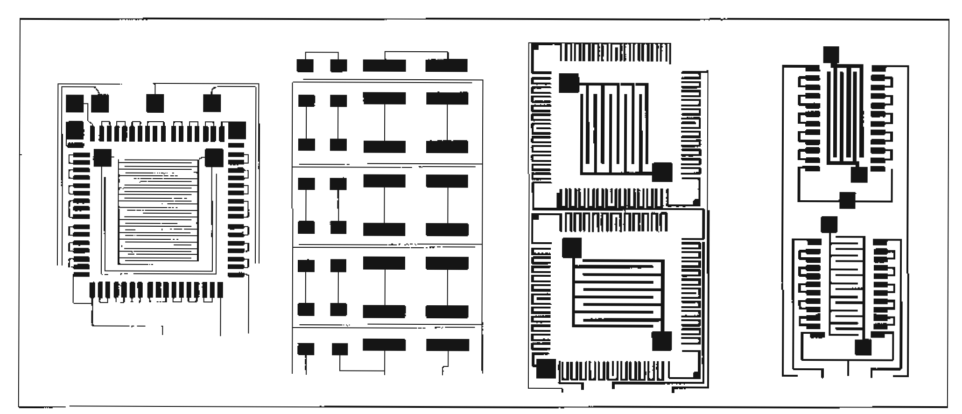
When using surface mount patterns, alternate coupons may be used to evaluate both insulation resistance and cleanliness of the bare board before and after solder resist. The "Y" pattern of coupon E can provide a useful tool for cleanliness and insulation resistance property evaluations. As in most instances, the coupon under large surface mount devices should be a comb pattern. Figure 12-12 shows several comb pattern combinations to evaluate land patterns used for surface mounting. These coupons and concepts may be incorporated directly on the board in a spare position for a component, or may be incorporated as conformance coupons on the panel for evaluation when assembling surface mount components in panel format. If a "Y" pattern is assigned to a chip component, the position can be left empty or can be filled to reflect cleanliness/insulation resistance properties of the bare board, or cleanliness/insulation resistance properties of the assembly (see Figure 12-13).



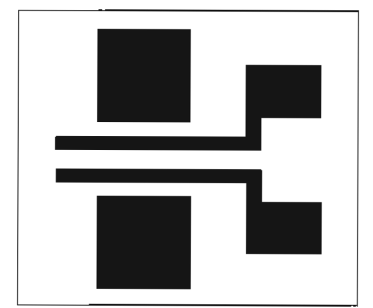
Coupon E



Coupon H



IPC-2221 Figure 12-12

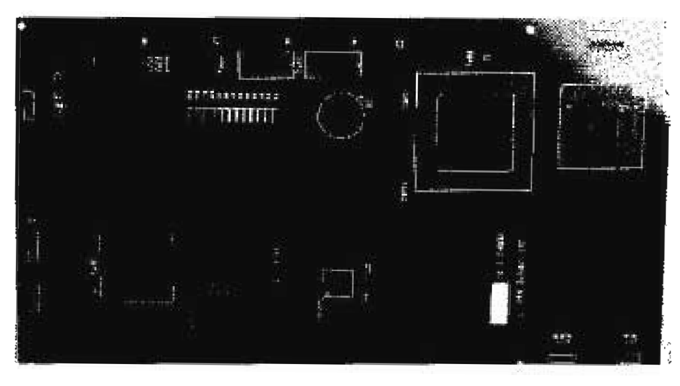


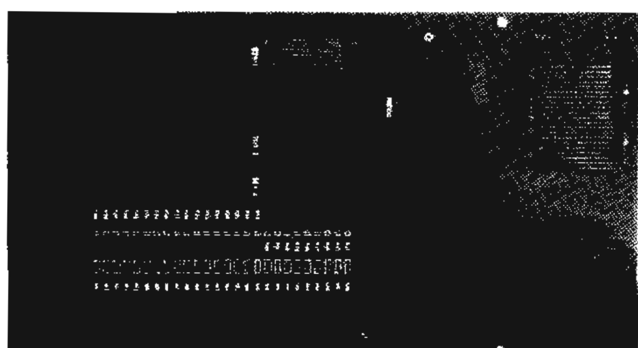
IPC-2221 Figure 12-13

Industry SIR Test Vehicles

SIR testing in its many forms has been around for decades. During that time, many companies have incorporated selected elements from IPC test vehicles, or designed their own. Some of the designs have been made available to the IPC in Gerber format. Others exist only as photographs or diagrams from published documents, but are presented here as illustrations of the use of SIR test patterns.

CSL Umpire Board





Official Designation: CSL Umpire Board
Status: Available from Foresite
Primary Usage: Assembly Process Investigation Tool
Other Usages: Fabrication assessment
Substrate Material: Manufacturer's chosen material set
Substrate Metallization: Manufacturer's chosen material set
Solder Mask: Manufacturer's chosen material set
Test Patterns: 16 total

- Three IPC-B-24 test patterns
  - no mask (laminate/flux interactions) to correlate with J-STD-004 SIR tests
  - striped mask (solder mask developing check and entrapment effects)
  - full mask (effects of flux on solder mask properties)
- A row of 0805 chips (1.0 M Ohm, 0.1 W) - used for checking for electromigration under caps and adhesive characteristics
- A row of 1206 chips - same
- Three header patterns - used to study paste qualities, effects of peelable latex mask, or touch-up soldering operations
- One BGA test pattern using an isolated die (tests for residues under BGAs)
- One QFP test pattern using an isolated die (residues under QFPs)
- One LCC test pattern (tests for low standoff cleaning challenges) - identical to IPC-B-36 quadrant D patterns
- One row of DIPs for through hole processes (checks for fillet formation)
- One PGA socket - used to examine entrapment effects of sockets
- A snap-off coupon containing a Bellcore pattern with cross-hatched mask - used to test SIR per Bellcore GR-78-CORE for telecommunications assemblers
- A snap-off coupon containing an IPC-B-36 Quadrant D pattern - used for military and IPC Class 3 customers for J-STD-001 qualification.

History of the Board:

This test vehicle was originally designed by Doug Pauls, Contamination Studies Laboratories (now Foresite) in the 1998-99 time frame as a test vehicle that included components and which would represent improvements over the simpler bare boards available from the IPC or Bellcore. The intent was a relatively inexpensive test vehicle which could be used to examine residue aspects of assembly processes.

CSL Umpire Board (cont.)

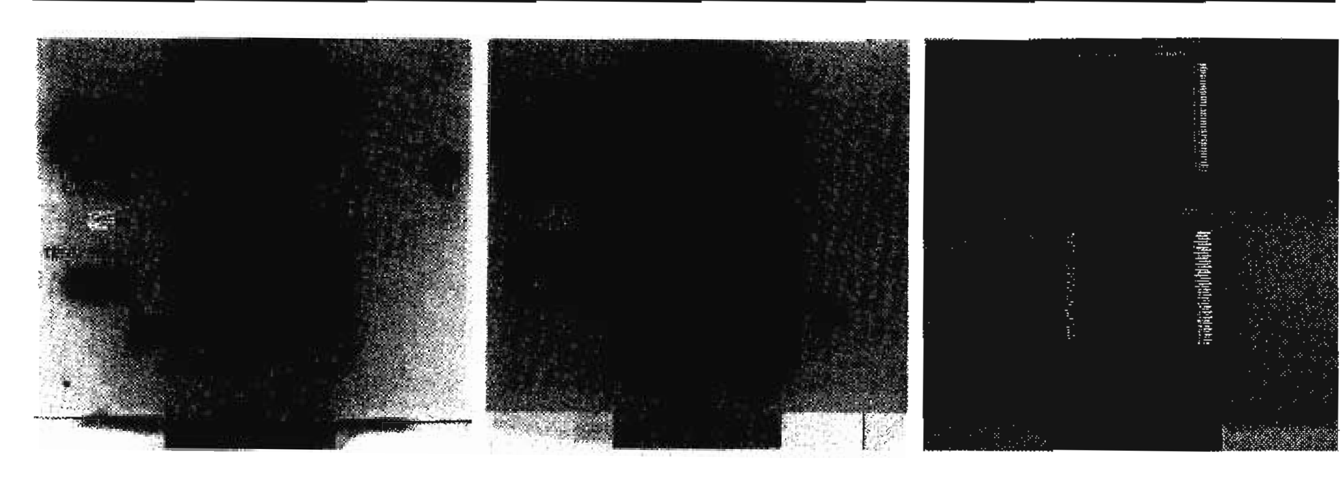
Design Variations
The Umpire board went through one design revision. The prototype version can be identified as having two 40-pin connectors on one end of the board. The final design (Rev A) has a single 16-pin connector. The Gerber files for Rev A are available from IPC, Doug Pauls, or from Foresite.

Advantages
- Represented a significant improvement over IPC test boards as a test vehicle to examine assembly materials and processes
- Could be made from the OEM/EMS chosen set of materials
- A single snap off coupon could be used for MIL-STD-2000A correlation efforts
- A second snap off coupon could be used for Bellcore studies
- The main SIR test board contained SMT components, BGAs, and connectors as significant entrapment sites
- The board was designed for SIR testing
- Many good lessons learned

Disadvantages
- The board required special isolated components for selected patterns
- The SOT-23 components did not work as originally projected
- The designer forgot the first rule of adding resistors in parallel, so the bottom side SMT chips appear in SIR testing as a 1 megohm resistance
- The capacitance of the electrolytic capacitor affected rise time of the signal and so resulted in "odd" measurements for that pattern
- The fixturing for testing the board was complex
- The providers of the dummy chips, at that time, did not have good control of the standard chips (containing blown die or daisy chains) and the isolated chips (no internal connections) so some assembly runs had bad components causing shorts of some patterns.
- It was found after the fact that the BGA pattern was flawed. The BGA package chosen had 16 balls in the center of the package that were used purely for thermal transmission and were consequently shorted together on the inside of the package. Those internal shorts caused a short on the board SIR pattern. The 16 solder bumps on the BGA had to be removed prior to assembly operations.



GEN3 Systems Ltd. Test Coupon



Official Designation: GEN3 Systems Test Coupon SIRTB-1
Status: Available
Primary Usage: Examine effects of flux/paste and cleaning processes
Other Usages: Other process investigations
Substrate Material: Usually FR-4
Substrate Metallization: Open
Solder Mask: None
Test Patterns: Four

History of the Board:

This test coupon was developed by GEN3 Systems Ltd. (formerly Concoat Systems, Ltd.), in the UK, as a small, inexpensive test vehicle for examining the effects of residues between QFP leads and underneath fine pitch components.

Design Variations

None known.

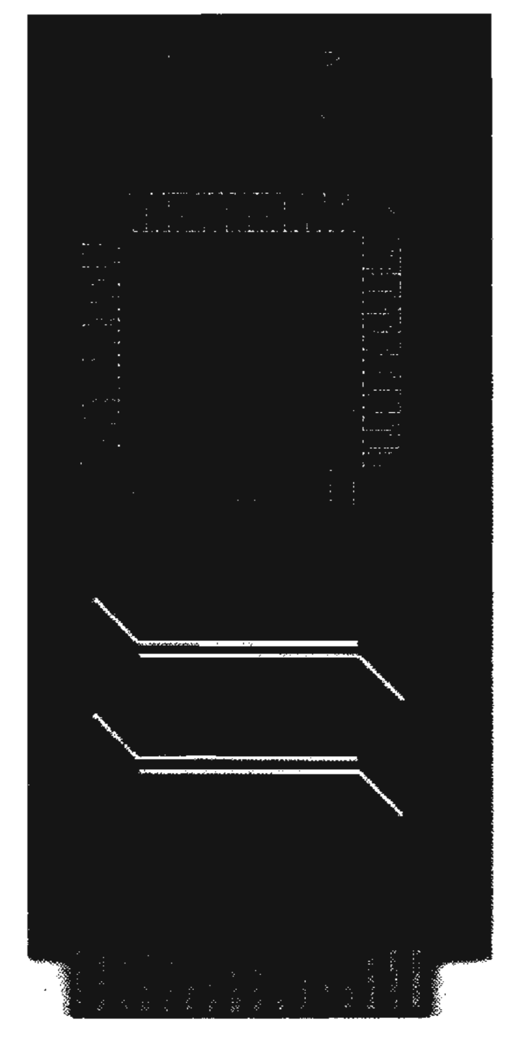
Advantages

- Inexpensive test vehicle, easy to fabricate in high yields
- Low cost of assembly, so larger sample sizes could be accommodated

Disadvantages

- Solder mask not usually involved (but could be, as shown in photo on the right).

GEN3 Systems Ltd. / Concoat Ltd. Test Coupon TB03



Official Designation: Test Coupon TB03

Status: Available from GEN3 Systems Ltd. and Concoat Ltd.

Primary Usage: Examine effects of flux/paste and cleaning processes

Other Usages: Other process investigations

Substrate Material: Usually FR-4

Substrate Metallization: Open

Solder Mask: User Option

Test Patterns: Four

History of the Board:

This test coupon was developed for new process material characterization testing.

Design Variations

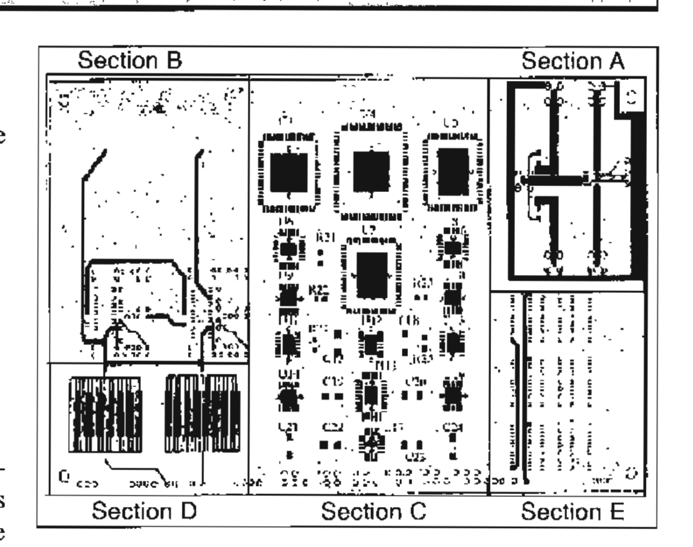
None known.

Advantages

• Inexpensive test vehicle, easy to fabricate in high yields

• Low cost of assembly, so larger sample sizes could be accommodated.

Georgia Tech ARPA ETC96 Test Board



Official Designation:	Georgia Tech ARPA Board
Status:	Unavailable
Primary Usage:	Used in one study to examine water soluble fluxes
Other Usages:	None known
Substrate Material:	For the study, primarily FR-4
Substrate Metallization:	Copper, Tin-Lead
Solder Mask:	Dry film and LPI for the study
Test Patterns:	Two SIR comb patterns

History of the Board:

In 1995-96, Dr. Laura Turbini of Georgia Tech led an industry consortia effort aimed at analyzing the effects of various fluxes, primarily water soluble fluxes, with cleaning. The effort was funded by a grant from the Advanced Research Project Agency (ARPA). The final report can be found in the National Technical Information System (NTIS).

Design Variations

None.

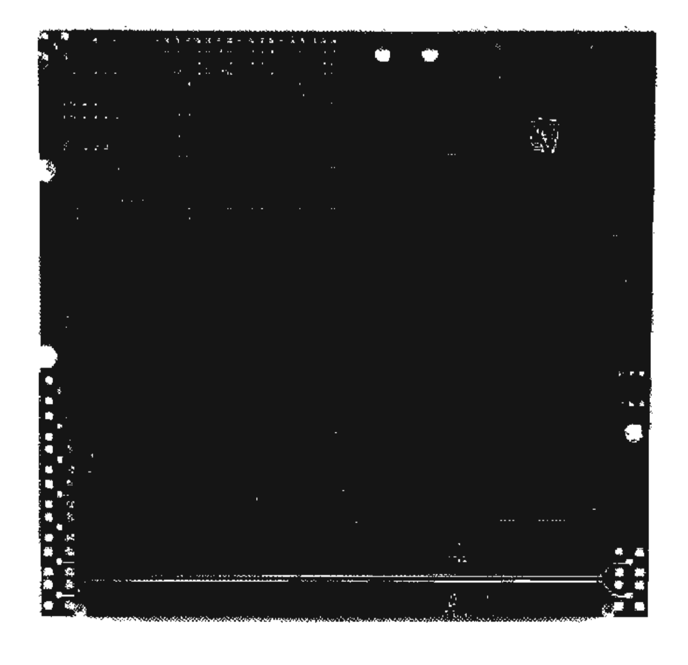
Advantages

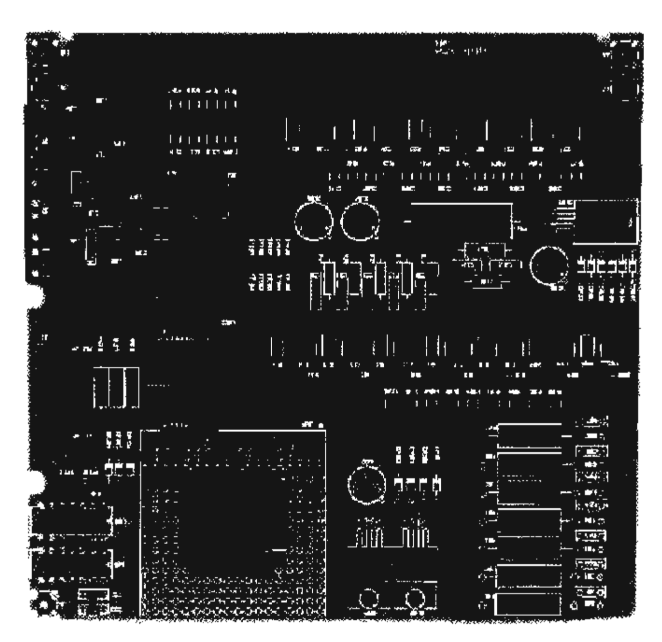
- The test vehicle had a good mix of component technologies and examined many aspects of assembly reliability outside of SIR testing
- Contained laminate, solder mask, and metallization (HASL) common for that time period
- Part of a well designed test matrix

Disadvantages

- From a purely SIR standpoint, only a very small segment of the board was involved with SIR testing.

Sandia LRSTF Test Board





Official Designation: The Low Residue Soldering Task Force Test Board
Status: Retired
Primary Usage: LRSTF Consortia work
Other Usages: None
Substrate Material: FR-4, BT-epoxy, polyimide
Substrate Metallization: Tin-lead
Solder Mask: None
Test Patterns: No SIR patterns

History of the Board:

In the early 1990s, many defense contractors desired to use the then-new low solids fluxes and no cleaning in assembly. This contradicted decades of conventional wisdom and experience that said you could not leave visible flux residues on an assembly surface and have reliable hardware. Several sectors of the commercial sector of the industry had successfully converted to no-clean manufacturing as an alternative to high solids RMA fluxes and cleaning with ozone depleting chemicals, such as Freon.

In an effort to convince the DoD that this new technology could be used to produce high reliability military hardware, an industry consortia was formed to generate the necessary test data. A test vehicle was designed using professional board designers at Texas Instruments, with inputs from the consortia members. The board was designed to test the effects of low solids flux residues in four areas: High Voltage Low Current; Low Voltage High Current, High Speed Digital, and Radio Frequency (RF). Processing was done at several consortia sites and tested at Sandia National Laboratories.

The result of the consortia efforts were successful in demonstrating the desired goals. Voluminous test reports were generated. SIR test data was also generated, but on more conventional test boards like the IPC-B-24, in an attempt to correlate SIR test data with other functional test data. Unfortunately, such a correlation could not be established.

Design Variations
The board had only one known design change. The prototype board contained a short in one of the power planes, resulting in a dime-sized hole being burned in the board. The design was corrected and the board worked very well after that.

147

Sandia LRSTF Test Board (cont.)

Common Non-Qualification Uses

To our knowledge, this board has never been used outside the LRSTF consortia activities. Periodically, potential users inquired into the use of this vehicle for their own investigations, but quickly found other vehicles due to cost issues. A LRSTF bare board cost ~$200. With components, the assembly cost over $1500 each (1995 figures). A complex array of test equipment was needed to fully test this assembly. Sandia estimated a minimum of $200K in equipment costs to setup to test this board.

Advantages

• Professionally designed board

• Worked well for examining the four focus areas of the board, excellent data generated

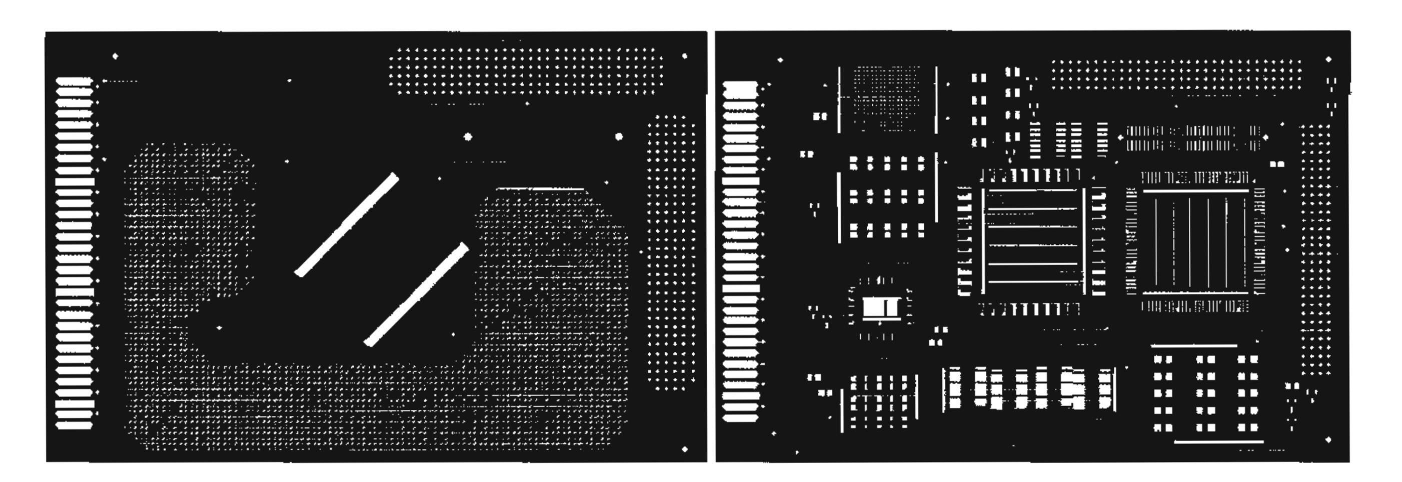
• The test vehicle was the most representative of actual hardware at the time

Disadvantages

• Incredibly expensive

• Took a very expensive array of test equipment to properly analyze.

IEC TB-57 Standard Test Board and Assembly



Official Designation:	IEC-TB-57
Status:	Available
Primary Usage:	Process Qualification Vehicle
Other Usages:	Process Investigations
Substrate Material:	Can be any
Substrate Metallization:	Can be any
Solder Mask:	None
Test Patterns:	16

History of the Board:

This test board was originally designed by the National Physical Laboratory in the United Kingdom and was further developed by GEN3 Systems Ltd. (formerly Concoat Systems Ltd.), also in the UK. Between the NPL and GEN3, a significant database was generated.

Design Variations

The original TB-57 test board (shown above) was modified to match the main SIR board of the IPC-B-52 test board such that the data would be consistent between IPC and IEC documents.

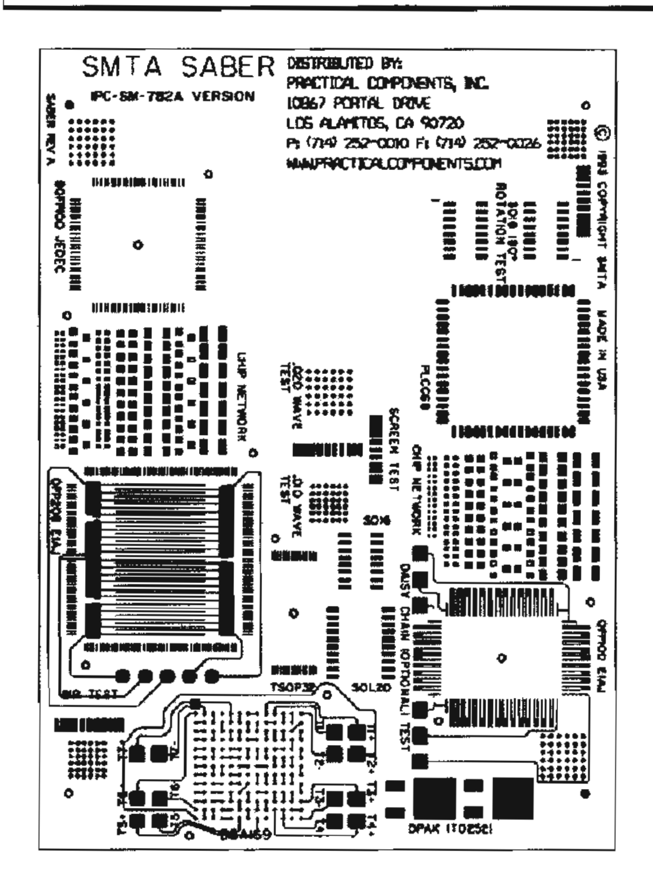
Advantages

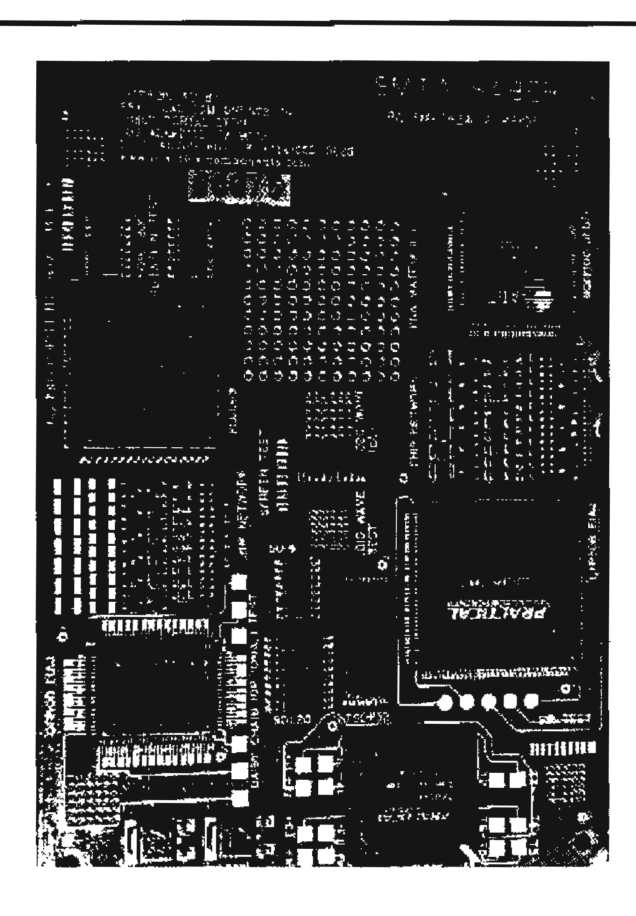
- Much more representative of SMT cutting edge technology than any other test vehicle.
- Designed for SIR testing
- Wide range of component styles

Disadvantages

- Required the use of special dummy components with no internal die
- Built for a common voltage supply to all patterns simultaneously. Only one voltage can be applied to all patterns.
- More expensive test vehicle considering both board and components.

SMTA Saber Board





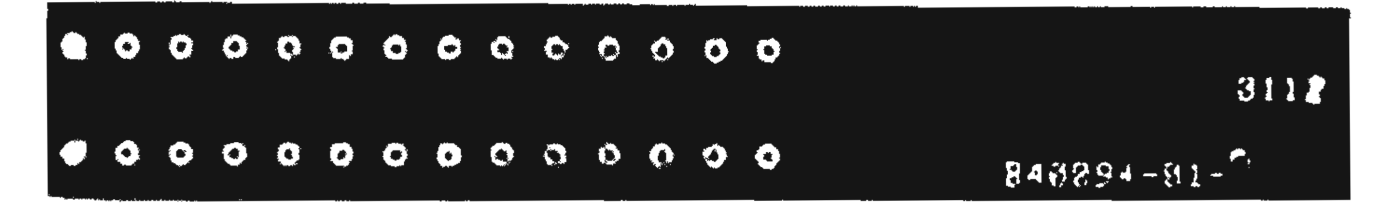
Official Designation:	SMTA Saber Test Board
Status:	Available from several sources
Primary Usage:	Process evaluation tool
Other Usages:	
Substrate Material:	Usually FR-4
Substrate Metallization:	Usually HASL
Solder Mask:	Can be anything
Test Patterns:	One five point pattern for SIR

History of the Board:

The Surface Mount Technology Association (SMTA) Saber board has been available as a stock evaluation tool since the 1990s. The test board offers a representative mix of through-hole and surface mount components and is most often used for solder profile optimization work. The board has a single SIR test pattern (5 segment) similar to the Bellcore style of patterns, that is under a large quad flat pack device. The terminations of the 5 segmented comb come out to surface mount pads for hard wire attachment. The test pattern terminations are close to each other and care has to be taken during wire attach to make sure that the attachment flux does not bridge contact pads. The test pattern is not connected to any component leads, so no special components are required. The Saber is generally inexpensive as a bare board. The Gerbers for the board are available from several vendors and so the board can be made with any combination of board materials.

The test board can also be used for solder joint reliability studies if daisy chained components are used. It should be noted that the top and bottom sides are "mirrored" and that daisy chained components may work on the top side of the board and not on the bottom side. Some vendors have corrected this problem, others have not. Practical Components is one vendor known to have addressed the issue.

MIL-P-55110 Y Coupon

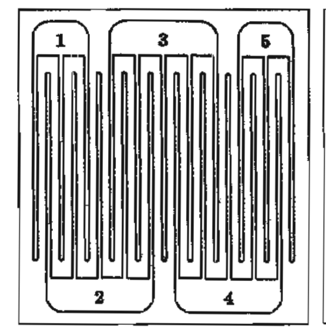


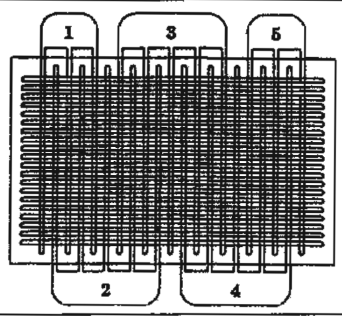
Official Designation: MIL-P-55110 Conformance Coupon
Status: Active
Primary Usage: Periodic quality conformance checks
Other Usages:
Substrate Material: Same as the manufactured board material
Substrate Metallization: Same as the manufactured board material
Solder Mask: Same as the manufactured board material
Test Patterns: One - Y pattern

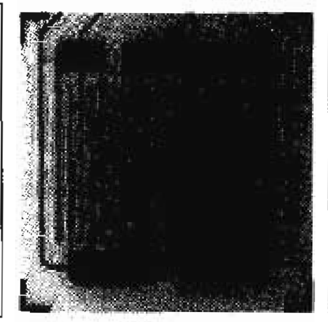
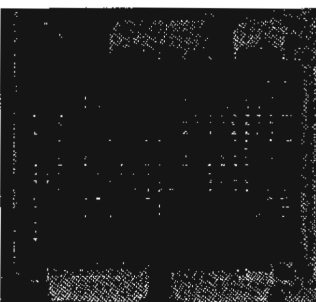
History of the Board:

This coupon in many versions has been around for a long time. The spacing of the Y pattern lines was to be representative of the narrowest spacing found on the manufactured product. Such conformance coupons were most often manufactured with each panel of hardware produced. A more common usage for this test pattern was for dielectric strength or dielectric withstanding tests, rather than SIR, but has been used for some compatibility studies.

Bellcore Test Coupon





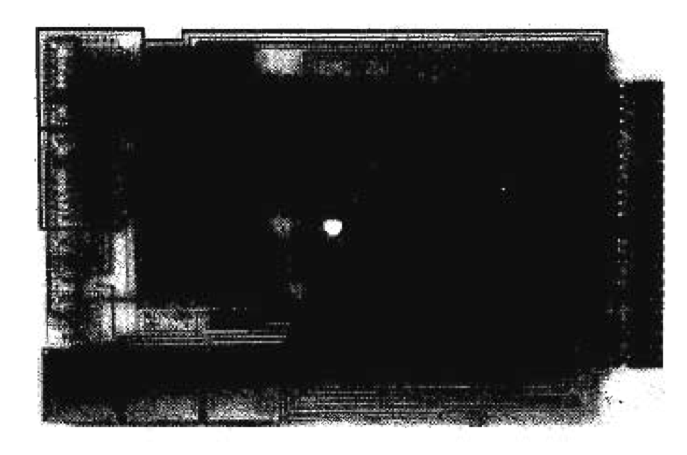



Official Designation: Bellcore Test Coupon
Status: Available from Telcordia
Primary Usage: Flux, Paste, Mask, Adhesive qualification vehicle for Bellcore
Other Usages: Process investigations
Substrate Material: FR-4
Substrate Metallization: Bare Copper and tin-lead
Solder Mask: Vendor specific
Test Patterns: One pattern, 4 test measurements

History of the Board:

This pattern has been around for a very long time. It was originally developed out of the Bell Communications Research (Bellcore) Labs in the 1970s and was representative of the lines and spacings found during that era. The cross-hatched solder mask pattern was used because the SIR test used was very sensitive and could often show problems in the mask developing process, or the (typically) hot air solder leveling process (HASL) used. Each of the comb/mask checkerboard areas represented an entrapment site. It was very difficult to consistently meet the high resistance level of the Bellcore standard unless you had very good cleaning and very good mask developing procedures. Bellcore allows the IPC-B-24 pattern as an alternative to the Bellcore pattern shown here, and so the use of the Bellcore coupon is diminishing with time.

The Delco SIR Test Board





Official Designation:	None
Status:	Unavailable
Primary Usage:	Process Investigations
Other Usages:	None
Substrate Material:	FR-4 usually
Substrate Metallization:	Tin-lead
Solder Mask:	LPI
Test Patterns:	18, all interdigitated combs or interdigitated SMT pads

History of the Board:

This board was originally designed by Delco Electronics, Kokomo, Indiana, to examine the effects of flux and reflow operations on SIR. The comb patterns had spacings on the order of 0.005 - 0.007 in and the transverse orientation of the combs made yields in fabrication very challenging. However, with square counts in the thousands, the board was VERY sensitive to process changes.

Boeing Through-Hole Test Vehicle





Official Designation: Unknown

Status: Unavailable

Primary Usage: Qualification Vehicle

Other Usages: Process Evaluations

Substrate Material: FR-4 usually

Substrate Metallization: Tin-lead

Solder Mask: Vendor's choice

Test Patterns: One under each DIP

History of the Board:

This was a test vehicle used by Boeing to examine the processes used by subcontractors in the 1980s. Two parallel lines ran under each DIP component. SIR was done on each of the two parallel line patterns to test for the effects of flux or incomplete cleaning processes.

Advantages

- Inexpensive and could be made of any laminate
- Contained both solder masked and unmasked areas
- Checked for cleanliness under parts, not often done in that era.
- Could solder pigtails into place during manufacture, eliminating SIR wire attach fluxes

Disadvantages

- Not representative of modern SMT technology.

NPL Test Board

Official Designation: NPL SMT4-CT97-2155

Status: Available

Primary Usage: Consortia Test Vehicle

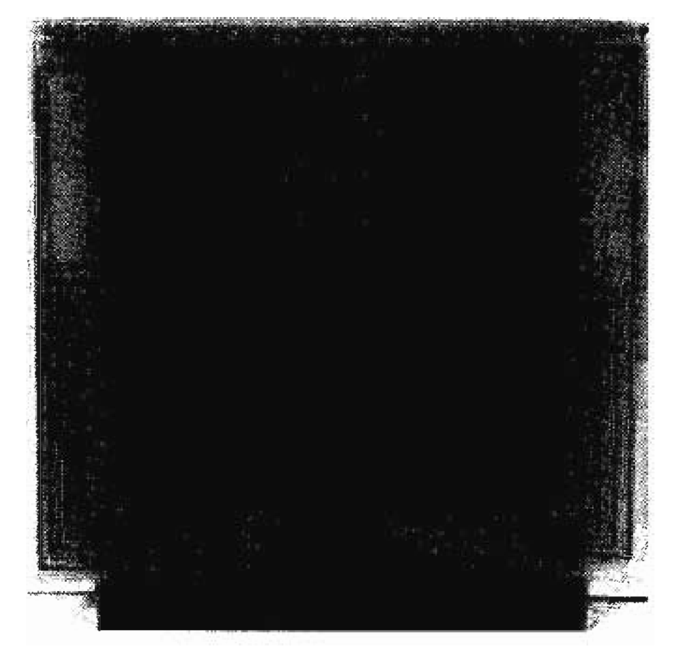
Other Usages: None

Substrate Material: FR-4

Substrate Metallization: Gold in this example, research included others

Solder Mask: None

Test Patterns: Four interdigitated combs, 200 µm lines, 400 µm spaces

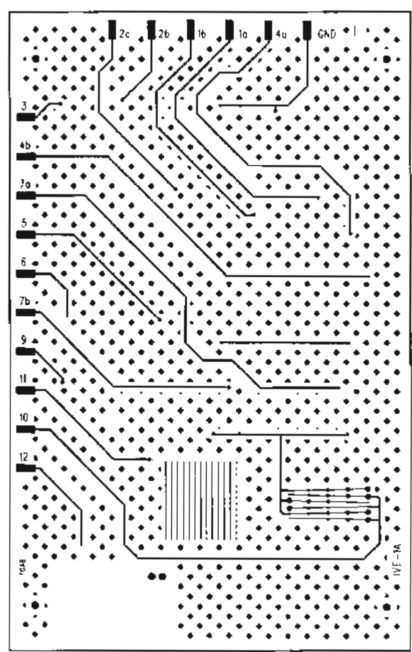


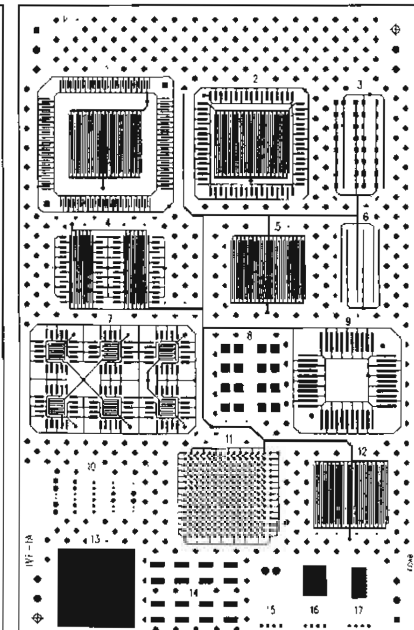
History of the Board:

This test vehicle was designed for use by an NPL-led consortia effort, to examine the effect of test voltage, test pattern and board finish on SIR. The pinout of the board was the same as for the IPC-B-24 test board. The work was published by NPL under their document classification of NPL Reports CMMT(A) 119 & 120.

IVF Sweden Evaluation Vehicle - IVF-1A

Position	IVF-1A
1	QFP144
2	PLCC68 (or LCCC68)
3	0805 chip capacitors
4	SO28
5	Free comb pattern
6	0603 chip capacitors
7	LCCC20 (or PLCC20)
8	3528 tantalum capacitors
9	Socket for PLCC44
10	Via hole section
11	BGA225
12	Free comb pattern
13	Metal surface
14	1812 chip capacitors
15	Solderability test coupon
16	Solderability test coupon
17	Solderability test coupon





Official Designation: IVF-1A (Courtesy of Dr. Per-Erik Tegehall)

Status: Available from IVF

Primary Usage: Designed to examine reflow soldering

Other Usages: Unknown

Substrate Material: Can be any

Substrate Metallization: Can be any

Solder Mask: None

Test Patterns: 14 for SIR, 3 for solderability

History of the Board:

IVF developed the first test boards for SIR tests in the late 1980's when it was decided to phase out CFCs (the deadline for the phase out was 1991 in Sweden). The first test boards had free comb patterns and comb patterns beneath a few types of components. Later test boards also had test patterns that enabled measurement of SIR between solder joints to components with open circuitry. The test boards shown here (IVF-1A and IVF-2A) where developed in 1995 in a consortium project to enable the companies to evaluate how their whole production process affected the SIR on a typical assembly. In fact, almost identically with the procedure for material and process compatibility measurements that appeared in J-STD-001A in 1996.

The idea was that the test boards should be produced exactly in the same way as true products having the same type of solder mask and surface finish. Preferably, the test boards should be produced by the company's ordinary producers of PCBs. One board was developed for mixed technology, the other solely for reflow soldered SMD. Since the boards had a solder mask applied that minimized current leakage between the circuitry, they did not have guard traces. The illustrations show the original design of the two test boards.

Design Variations

IVF later developed some versions of them for special cases, some of them having test patterns for a BGA.

IVF Sweden Evaluation Vehicle - IVF-2A

Official Designation: IVF-2A (Courtesy of Dr. Per-Erik Tegehall)

Status: Available from IVF

Primary Usage: Designed to examine mixed technology processes

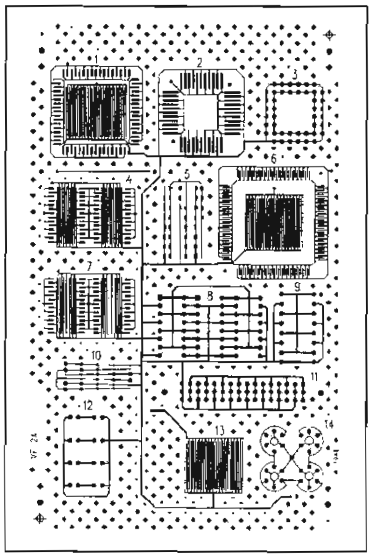
Other Usages: Unknown

Substrate Material: Can be any

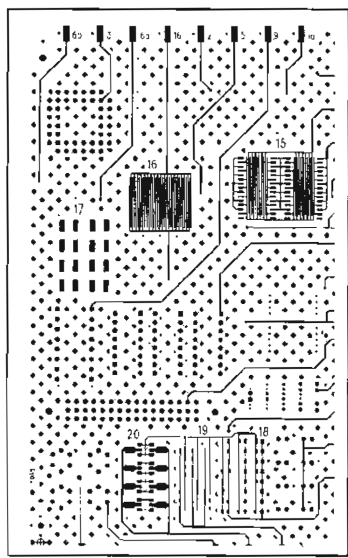
Substrate Metallization: Can be any

Solder Mask: Coated both sides

Test Patterns: 20 for SIR

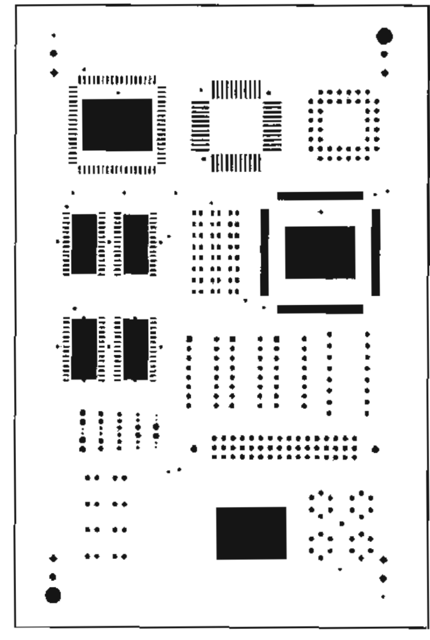



Top Side Circuits

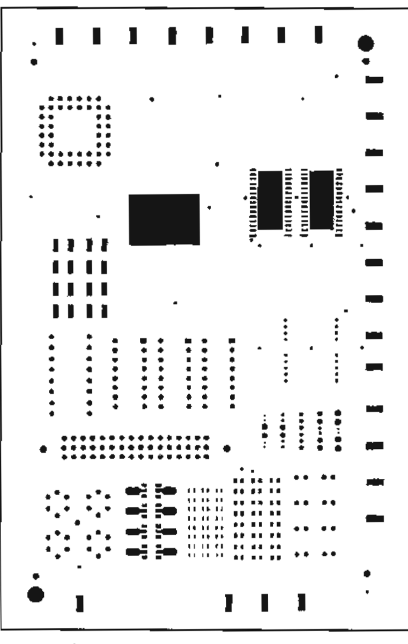


Bottom Side Circuits

Position	IVF-2A
1	PLCC68 (or LCCC68)
2	Surface mount socket for PLCC44
3	Through hole mount socket for PLCC44
4	SO28
5	0805 chip capacitors
6	QFP144
7	SO28 with 0.5 mm via holes beneath
8	DIL16
9	Axial resistors
10	Via hole section
11	Through hole mount connector
12	Electrolytic capacitors
13	Free comb pattern
14	TO75
15	SO28
16	Free comb pattern
17	1812 chip capacitors
18	0805 chip capacitors
19	0603 chip capacitors
20	SOT89



Solder Mask Pattern Top

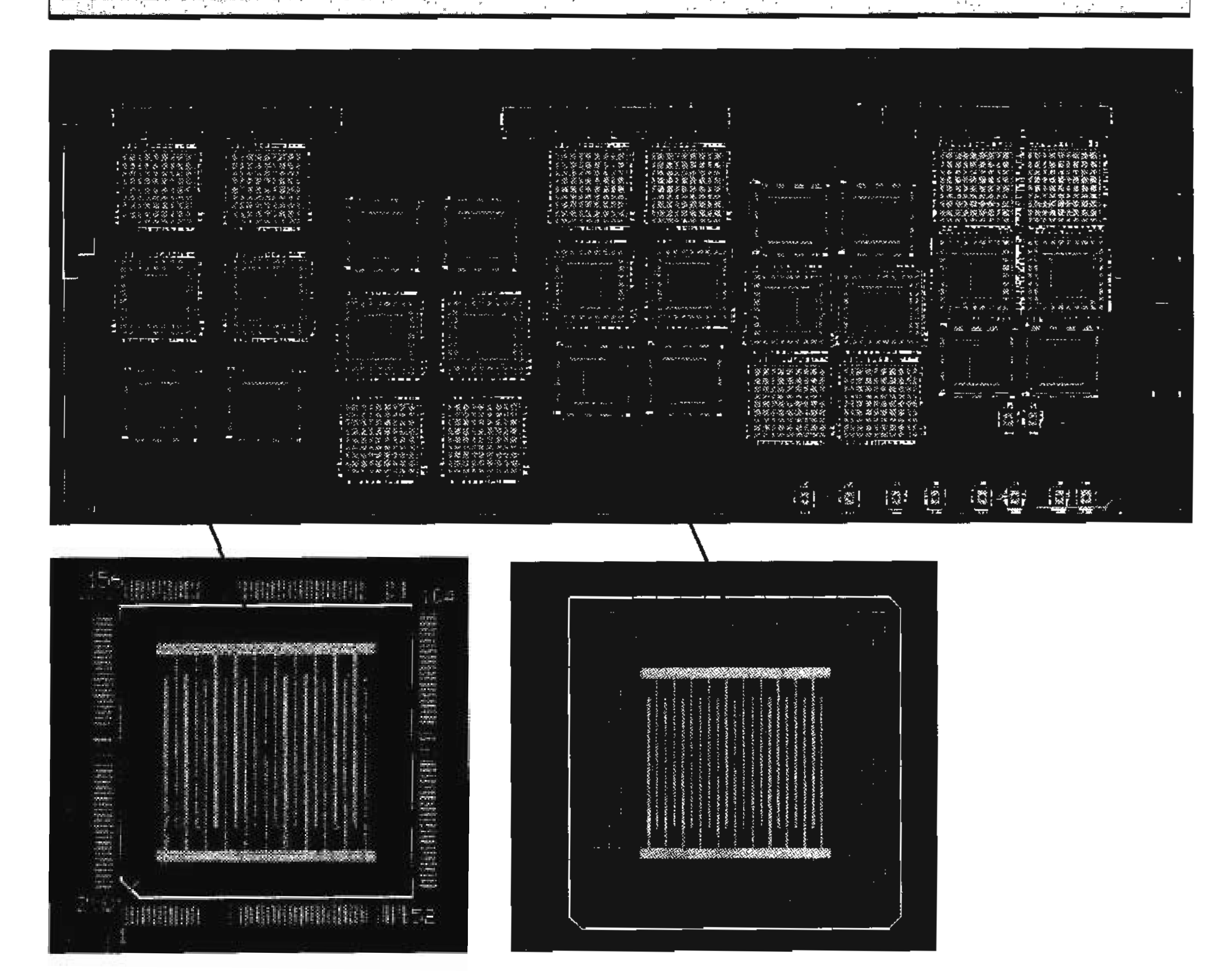


Solder Mask Pattern Bottom

Areas not coated with solder mask are marked with black.

Component Information - IVF-2A

BGA Evaluation Vehicle

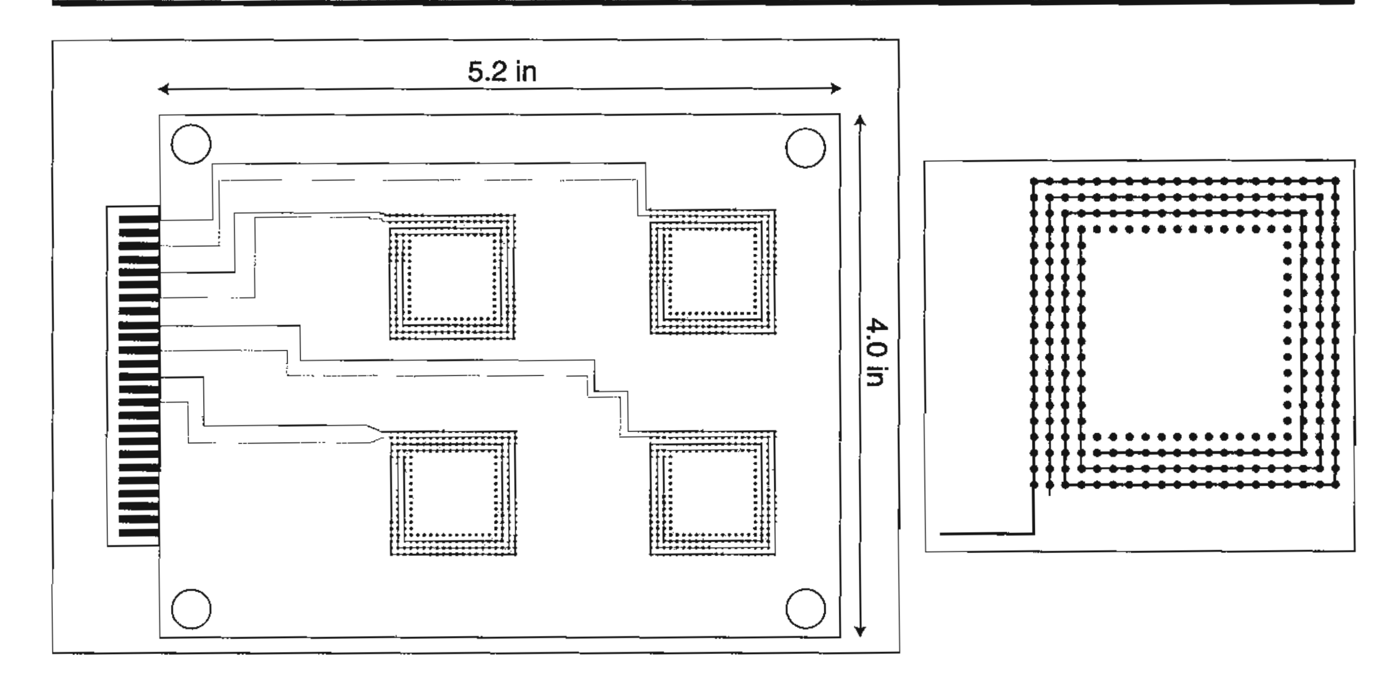


Official Designation:	None
Status:	Unavailable
Primary Usage:	Evaluation of BGA attachment methods
Other Usages:	None
Substrate Material:	Could be any
Substrate Metallization:	Could be any
Solder Mask:	Could be any
Test Patterns:	Many

History of the Board:

This is an example of a test vehicle designed by an OEM (source unknown) to examine the effects of residues under QFPs and BGAs. Interdigitated comb patterns were used throughout one of the two varieties shown here. The combs were not connected to any active I/O on the components, so the style of component (e.g., dummy) was immaterial.

DEC BGA Evaluation Vehicle



Official Designation:	DEC BGA Evaluation Vehicle
Status:	Unavailable
Primary Usage:	To examine the effects of flux residue in BGA attachment
Other Usages:	None
Substrate Material:	FR-4 for this study
Substrate Metallization:	Tin-lead
Solder Mask:	LPI
Test Patterns:	Four BGA test patterns

History of the Board:

This test board was originally designed by Digital Equipment Corporation as an evaluation vehicle for BGA attachment methods. The board was designed for four 256 I/O perimeter array BGAs, with a serpentine pattern of alternating rows, as shown in the photo on the right. The pinout was designed for automated testing. The testing included both SIR and ion chromatography. The paper was published in the 1998 Proceedings of the Georgia Tech Flux Conference (Doug Pauls author).

Other Examples

Over the years, users have incorporated test patterns into qualification vehicles or other such purposes. This section is to show illustrations of how SIR patterns can be used.

Panels of Patterns

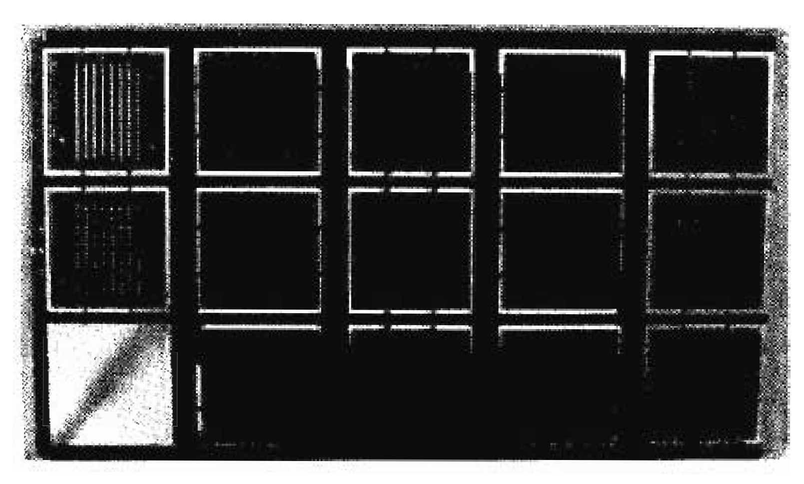


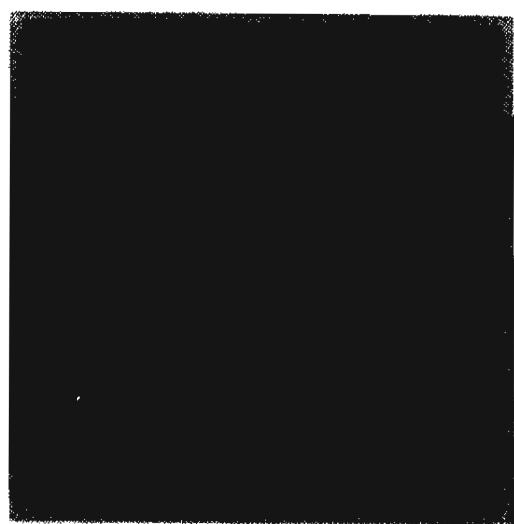
Official Designation: None
Status: Unavailable
Primary Usage: Bellcore qualification
Other Usages: None
Substrate Material: FR-4 usually
Substrate Metallization: Bare copper, and Tin-Lead HASL
Solder Mask: Vendor's choice
Test Patterns: Eight five-point Bellcore (25/50) test patterns

History of the Board:

This is an example of a test panel used by one fabricator to periodically show compliance with Bellcore cleanliness testing (GR-78-CORE, section 14.4). This testing was done weekly or monthly, depending on the fabricator. The Bellcore test required a minimum of eight patterns, 4 measurements each, for a total of 32 measurements. The four patterns on the top side and four patterns on the bottom side were alternated in orientation to examine the entrapment effects of HASL fluxes. The SIR attachment method was usually hard wiring.

Ciba Giegy / Bellcore PTH Coupon





Official Designation: Unknown

Status: Unknown

Primary Usage: Qualification of manufacturing processes for through holes

Other Usages: Unknown

Substrate Material: FR-4

Substrate Metallization: Bare Copper

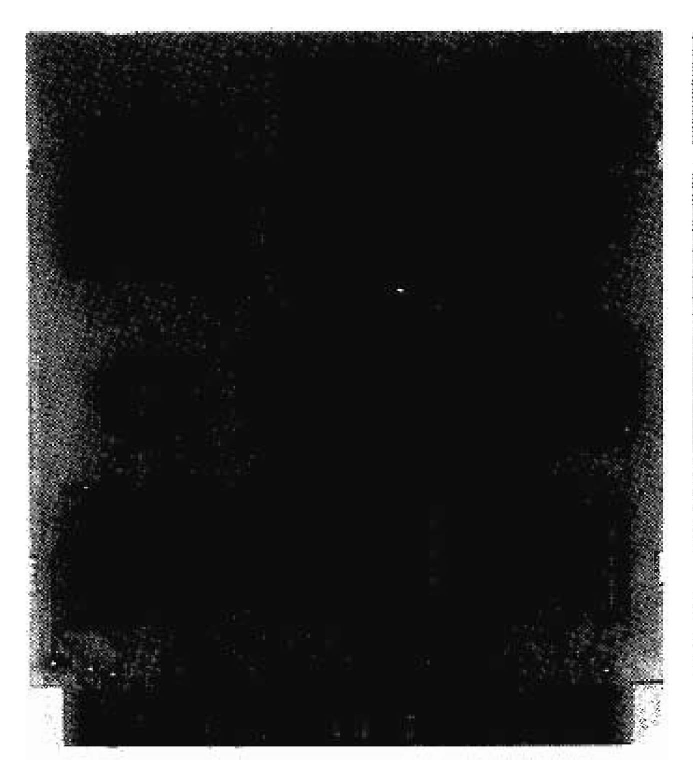
Solder Mask: Not Specified

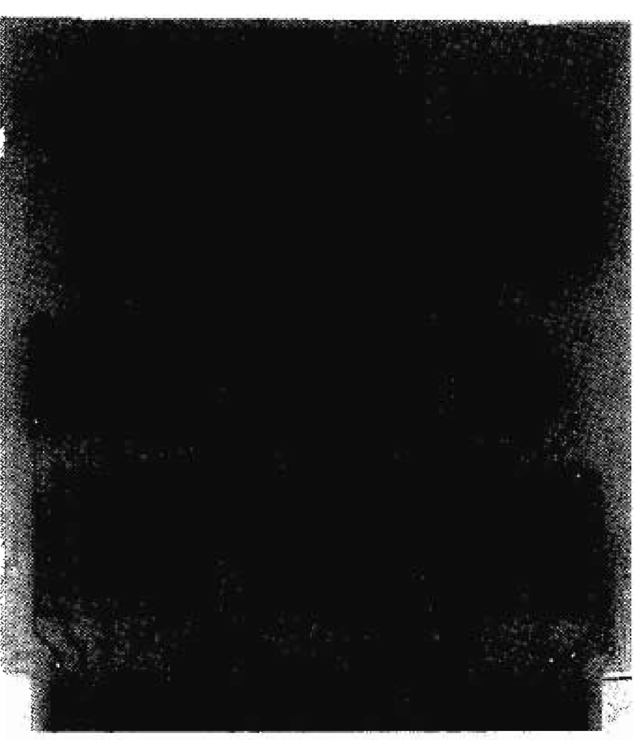
Test Patterns: One five-point pattern per individual coupon

History of the Board:

This test vehicle was used in some very old (pre-historic) Bellcore tests and is no longer used to our knowledge. The photo on the left shows a panel of the test coupons and the photo on the right shows a close up of the coupon. The base coupon was very similar in line spacing to the classic Bellcore pattern of 0.025 in lines / 0.050 in spaces, but with through-holes incorporated into each line. The intent of the test was to examine solder mask between adjacent through-holes. This test panel was originally fabricated by Ciba-Geigy to run the Bellcore test.

Rockwell Automation Test Vehicle





Official Designation: The FB Monumental Headache Test Board

Status: Unavailable

Primary Usage: Test Vehicle

Other Usages: Process experimentation

Substrate Material: FR-4, but could be anything

Substrate Metallization: Usually copper

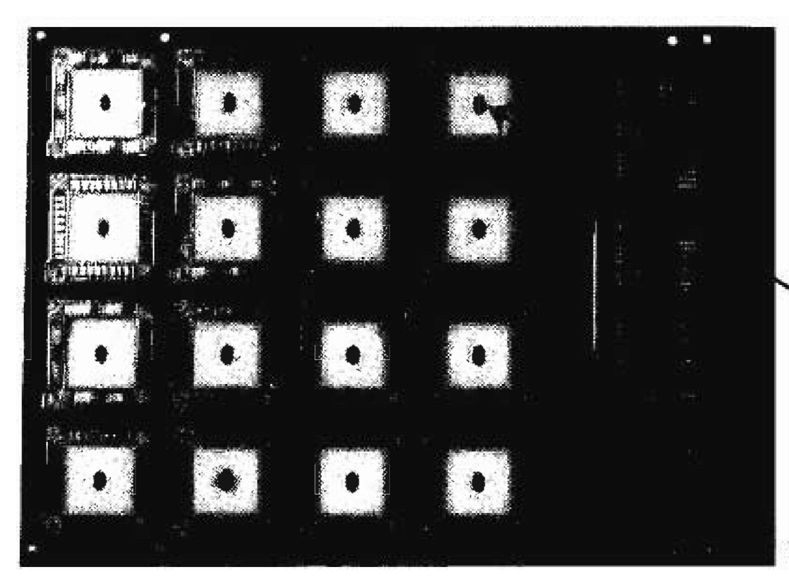
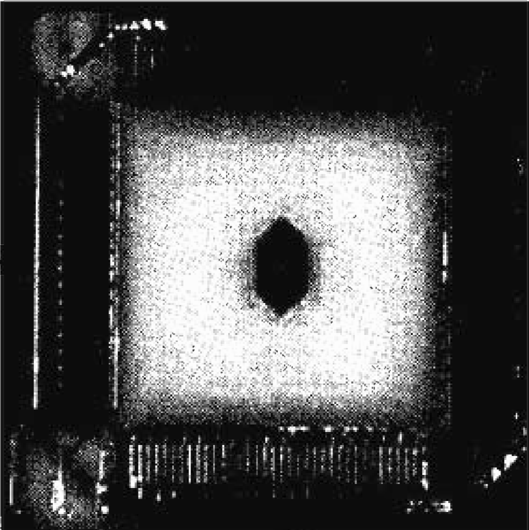
Solder Mask: None

Test Patterns: Nine patterns total

History of the Board:

This test board was developed by Rockwell Automation in the 1990s to do SIR studies of various fluxes and fusing fluids. The top side of the board had the usual IPC-B-25 B/E SIR test patterns, but also had interdigitated lines incorporating through-holes to look at the effects of flux welling up through the holes during wave soldering. Testing could also be done between through holes and large ground planes. The bottom side of the board contained a pattern for a QFP to examine the effects of paste residues.

Group Technologies Test Vehicle

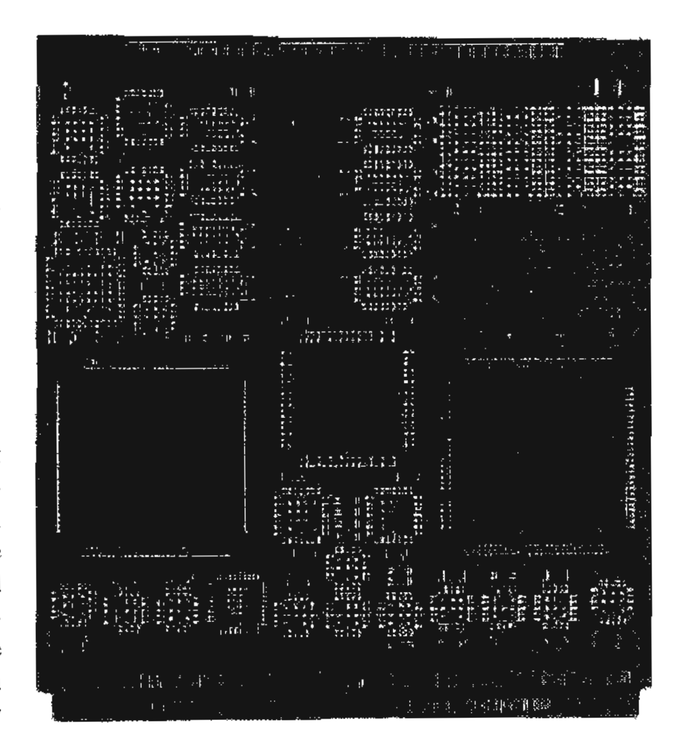



Official Designation: None
Status: Unavailable
Primary Usage: Process Qualification
Other Usages: Process Investigation
Substrate Material: FR-4 usually
Substrate Metallization: Gold
Solder Mask: Varied
Test Patterns: 16 on a panel

History of the Board:

This was a qualification vehicle designed by Group Technologies in the early 1990s, as an SIR test vehicle to examine the effects of solder pastes between leads and the effectiveness of cleaning processes. The photo on the left shows the test panel, which was usually sheared into the individual components prior to testing, but could be tested by hardwire attach in panel form. The photo on the right shows a closeup of the individual pattern, which used interdigitated SMT pads. The components, when used, had to be isolated dummy components with no internal die.

Lucent Technologies Ceramic Test Vehicle

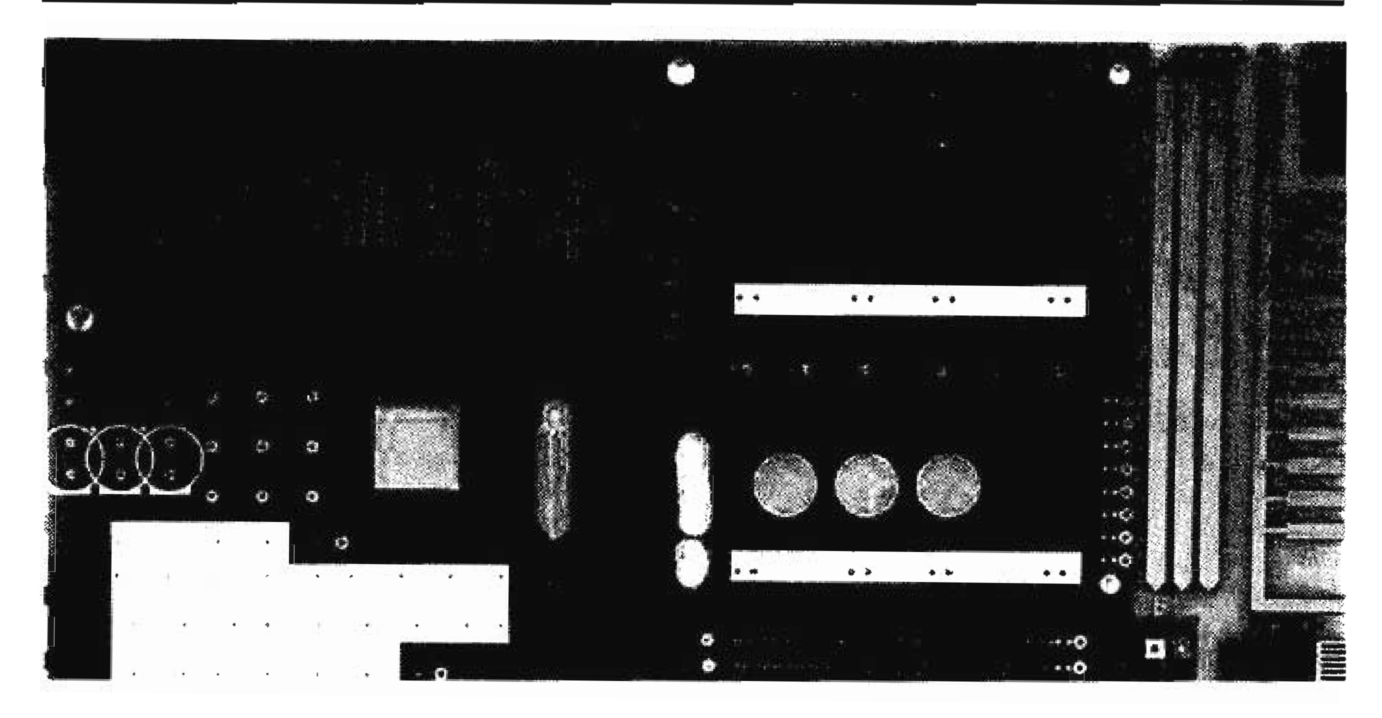


Official Designation: Lucent Test Vehicle
Status: Unavailable
Primary Usage: MIL-STD-2000A qualification
Other Usages: None
Substrate Material: Low temperature co-fired ceramic
Substrate Metallization: Tin-lead
Solder Mask: Thick Film Inks
Test Patterns: Numerous

History of the Board:

This test board was developed in the early 1990s, by Lucent Technologies. At that time, the way to qualify a manufacturing process for MIL-STD-2000A was to do the Appendix A tests on an IPC-B-36 test board. The product by Lucent bore no resemblance to the IPC-B-36 test board and Lucent argued against the use of that board to qualify the manufacturing process. This test vehicle, which was more comparable to the actual product, was developed as an alternative qualification vehicle. After *extensive* discussion and education, the military program accepted the alternative test data.

The Unknown Test Vehicle

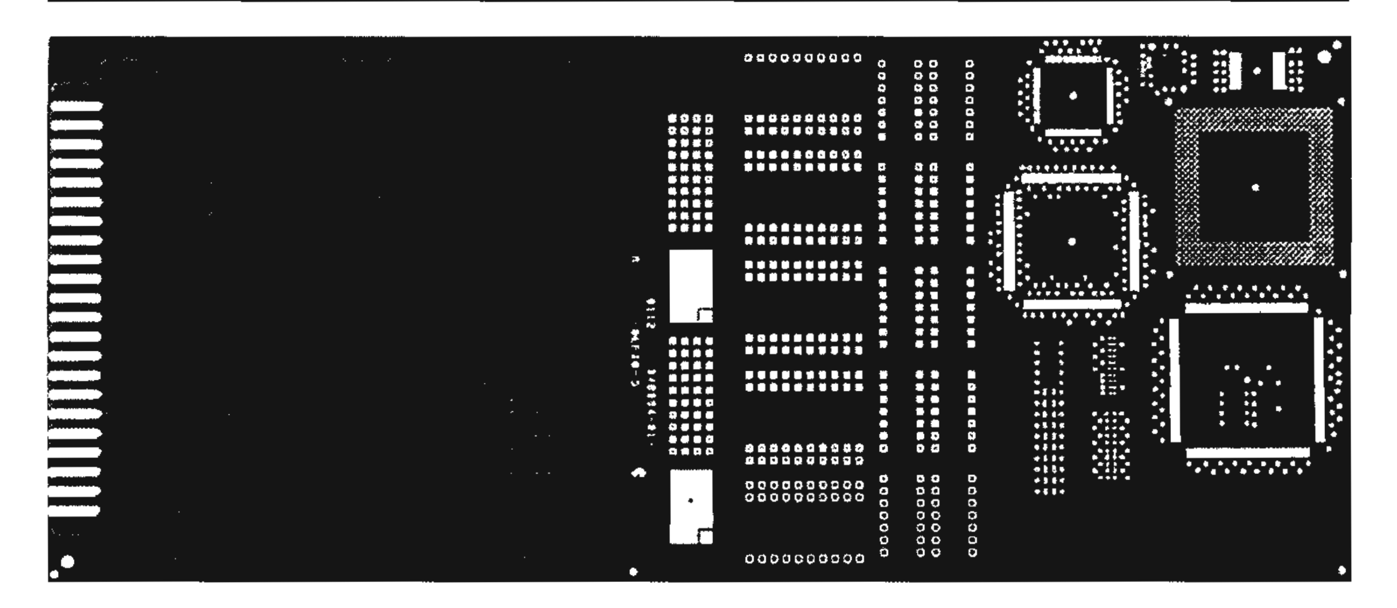


Official Designation: None
Status: Unknown / Unavailable
Primary Usage: Process Experimentation
Other Usages: Unknown
Substrate Material: FR-4
Substrate Metallization: Gold
Solder Mask: LPI
Test Patterns: Three, 5-segment patterns

History of the Board:

The history or even origin of this test board is unknown, but is an illustration of how SIR test patterns can be built into evaluation vehicles. The three interdigitated comb patterns are in the upper right of the photo, each having fine lines and spaces. Four similar combs are on the bottom side of the board. The solder mask has openings for test probes to contact the individual circuit traces. The board was designed for hard wire attachment.

IPC-B-25A Incorporated Into an OEM Qualification Vehicle

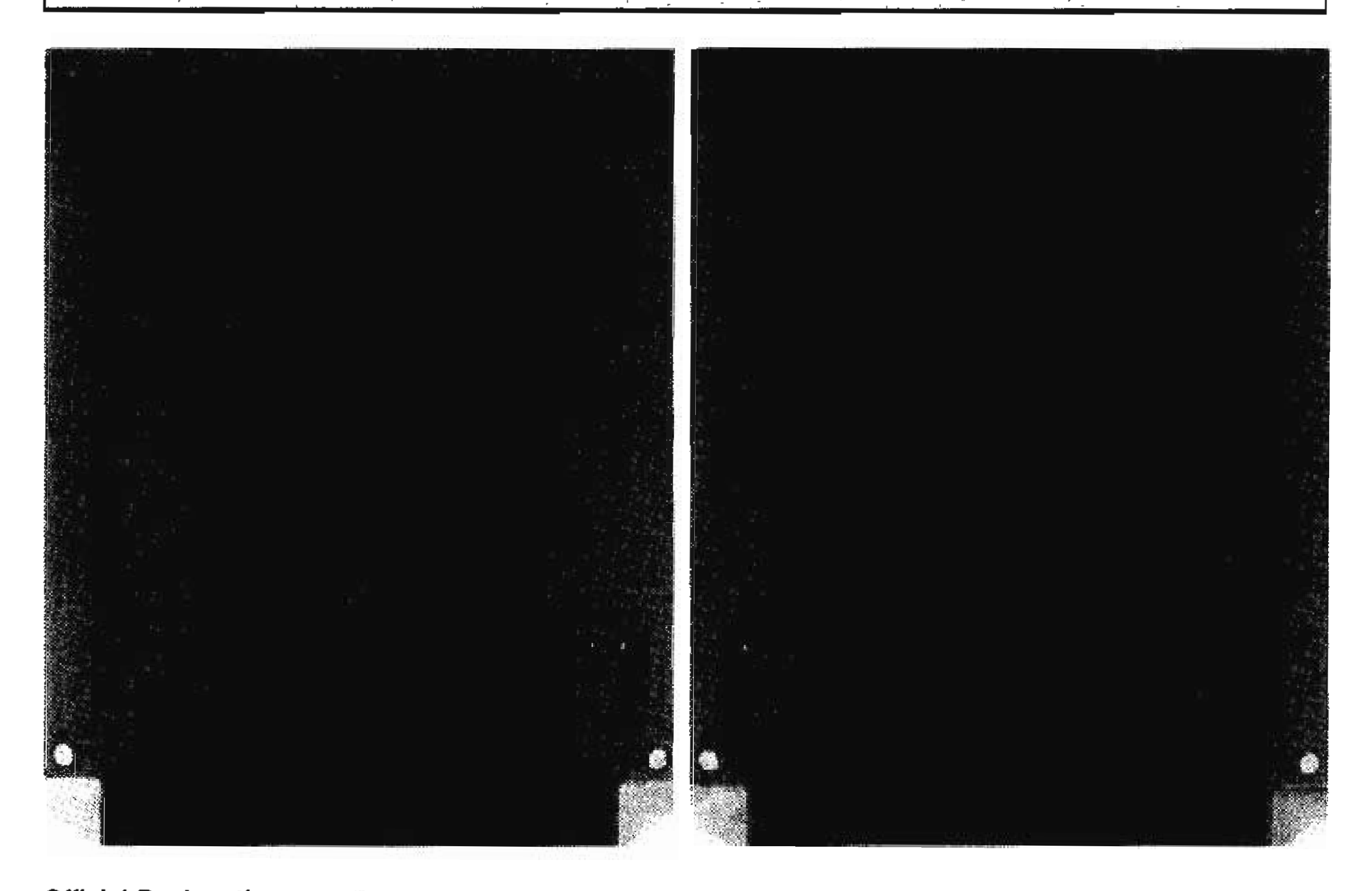


Official Designation:	Rockwell Collins Solder Mask Qualification Vehicle
Status:	Active
Primary Usage:	Solder mask qualification for potential vendors
Other Usages:	Various evaluation tests
Substrate Material:	FR-4 in most cases, can also be BT-epoxy
Substrate Metallization:	Can be any
Solder Mask:	Vendors selected mask
Test Patterns:	4 patterns from the IPC-B-25A portion

History of the Board:

This is an example of an IPC qualification test board being worked into a larger test panel for company qualification. In this case, Rockwell Collins uses the test board to examine a proposed fabricator's process, including the laminate, mask and metallization scheme proposed by the candidate vendor. For SIR testing, the common connector line linking the B-25A contact fingers must be sheared off.

CSL Connector Checker Board



Official Designation: IPC-B-36 Connector Checker

Status: Active

Primary Usage: To validate edge card connector for leakage prior to SIR testing

Other Usages: None

Substrate Material: FR-4

Substrate Metallization: Bare Copper

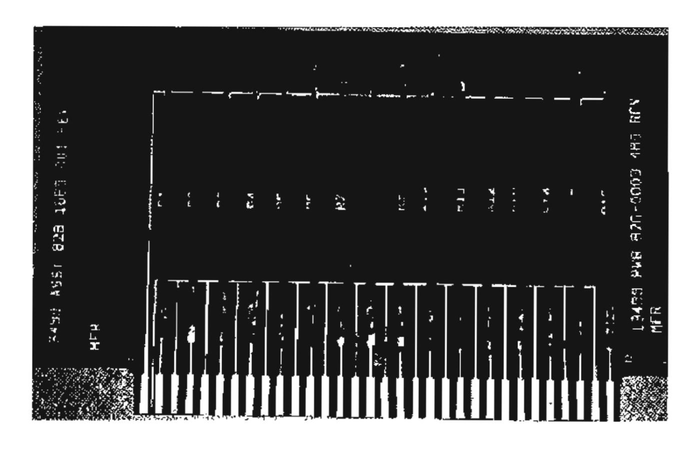
Solder Mask: None

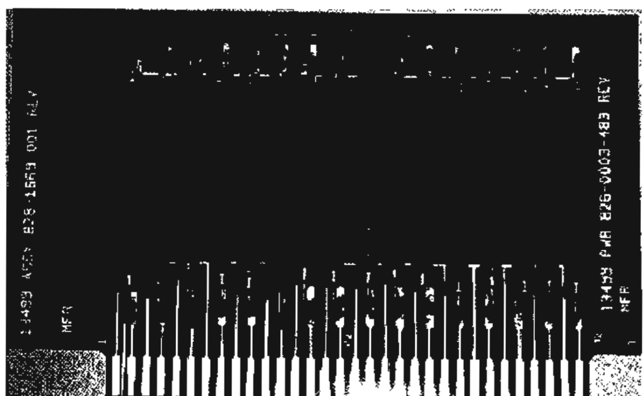
Test Patterns: 10 - one for each channel of a B-36 board

History of the Board:

In many SIR test setups, the connection between board and data acquisition equipment occurs through hard wiring (solder attach), custom fixturing, or edge card connectors. The latter can represent significant leakage through the plastic of the connector body. One way to quantify the amount of leakage is to use a "connector checker" assembly, with high value precision resistors used in place of test patterns. The IPC-B-36 connector checker, shown above, has the same pinout as the IPC-B-36 test board, with one single high value resistor in place for each of the ten test patterns of the B-36 board.

Rockwell Collins B52 Connector Checkers





Official Designation: RC B52 Connector Checker

Status: Available

Primary Usage: Connector verification

Other Usages: None

Substrate Material: FR-4

Substrate Metallization: Immersion Tin

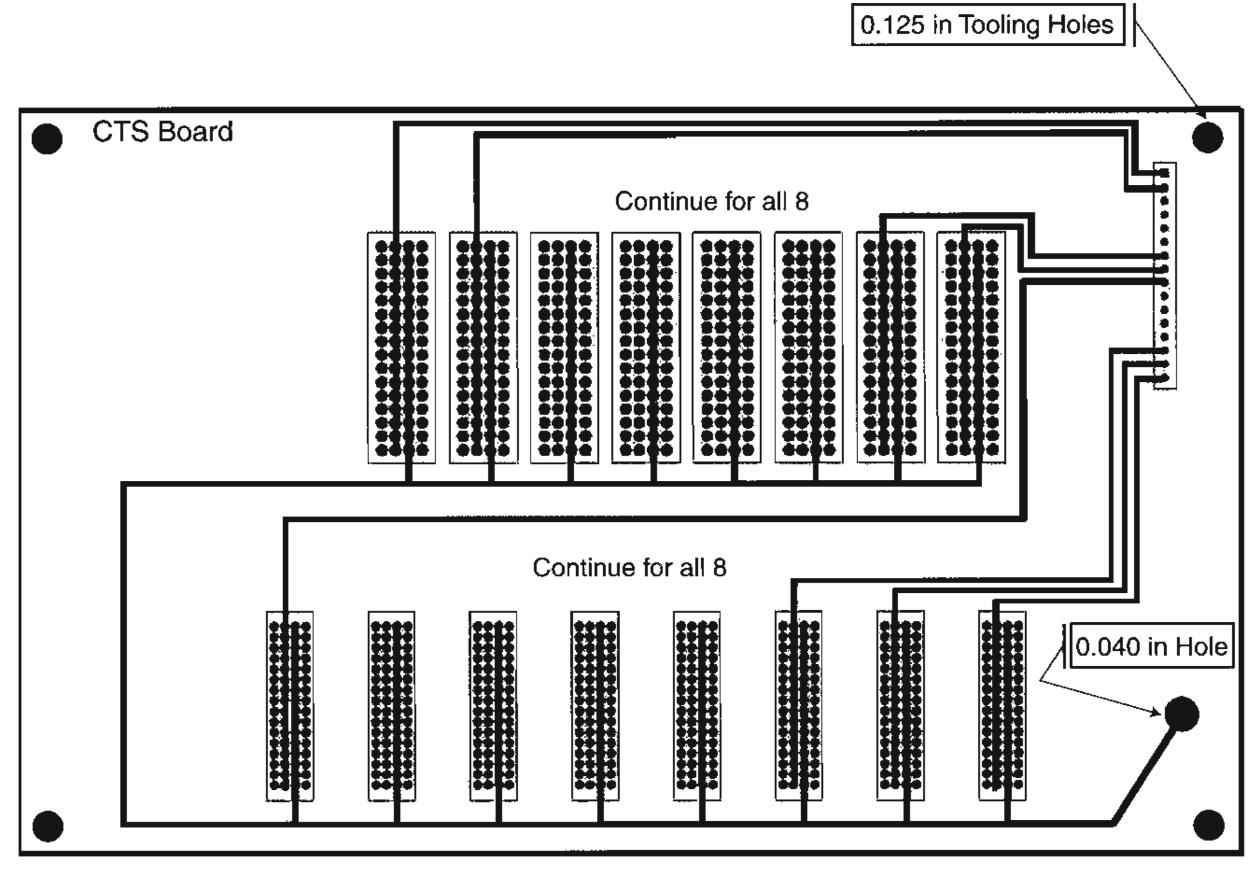
Solder Mask: None

Test Patterns: 16

History of the Board:

This is another example of a connector checker card. The photo on the left shows 16 high value precision resistors to test each channel of an AutoSIR-based connector fixture. The photo on the right shows the same card, but with 24 gauge wires used instead of resistors. This can be used to check fixturing if it incorporates current limiting resistors. A dead short in the connector card will read the value of the current limiting resistor. In a connector verification methodology, both ends of the measurement spectrum should be checked periodically.

CTS Test Vehicle



Materials

Laminate: FR-4 0.062"
Solder Mask: Enthone DSR-3241CR, 2.5 mil pad clearance
Metallization: Copper-OSP

Contamination Studies Labs
CTS BGA Board
Douglas Pauls
6 Dec 2000

Official Designation: None

Status: Not available

Primary Usage: Examination of cleaning efficiency under SMT connectors

Other Usages: None

Substrate Material: Was FR-4 for this study

Substrate Metallization: Was tin-lead for this study

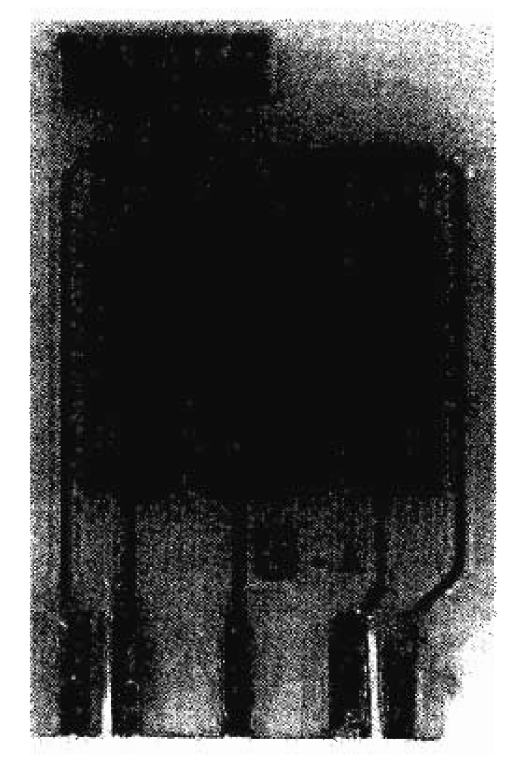
Solder Mask: None between pads

Test Patterns: 16 identical patterns - designed for AutoSIR testing

History of the Board:

The EMS assembler desired to examine the cleaning or entrapment of cleaning solutions by SMT connectors. This test board was designed to interface to a 16 channel card of an AutoSIR, but could be done manually as well. The red lines represent the common bias applied to one row of pins. The blue lines represent individual current-return lines for SIR measurement of the adjacent row of pins.

Individual Test Coupons



Official Designation: None
Status: Available from Kester
Primary Usage: Test coupon
Other Usages: Shims for uneven tables
Substrate Material: Can be any
Substrate Metallization: Can be any
Solder Mask: None
Test Patterns: One - IPC-B-25 B/E

This is an example of taking a common test pattern, used for flux and paste qualification and producing it on a stand alone pattern. The same approach has been used on many test patterns.

Note that, for this coupon, the tester cut two small kerfs between the outer-most pads. This allowed for correction of one of the IPC-B-25 B/E coupon faults and eliminated the effects of the flux for wire attachment.



ANSI/IPC-T-50 Terms and Definitions for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits Definition Submission/Approval Sheet

The purpose of this form is to keep current with terms routinely used in the industry and their definitions. Individuals or companies are invited to comment. Please complete this form and return to:

IPC
3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, IL 60015-1249
Fax: 847 615.7105

SUBMITTOR INFORMATION:

Name: ______________________

Company: ______________________

City: ______________________

State/Zip: ______________________

Telephone: ______________________

Date: ______________________

❑ This is a **NEW** term and definition being submitted.
❑ This is an **ADDITION** to an existing term and definition(s).
❑ This is a **CHANGE** to an existing definition.

Term	Definition

If space not adequate, use reverse side or attach additional sheet(s).

Artwork: ❑ Not Applicable ❑ Required ❑ To be supplied
❑ Included: Electronic File Name: ______________________

Document(s) to which this term applies: ______________________

Committees affected by this term: ______________________

Office Use

IPC Office	**Committee 2-30**
Date Received: ______	Date of Initial Review: ______
Comments Collated: ______	Comment Resolution: ______
Returned for Action: ______	Committee Action: ❑ Accepted ❑ Rejected
Revision Inclusion: ______	❑ Accept Modify

IEC Classification

Classification Code • Serial Number

Terms and Definition Committee Final Approval Authorization:
Committee 2-30 has approved the above term for release in the next revision.
Name: ______________ Committee: IPC 2-30 Date: ______________

